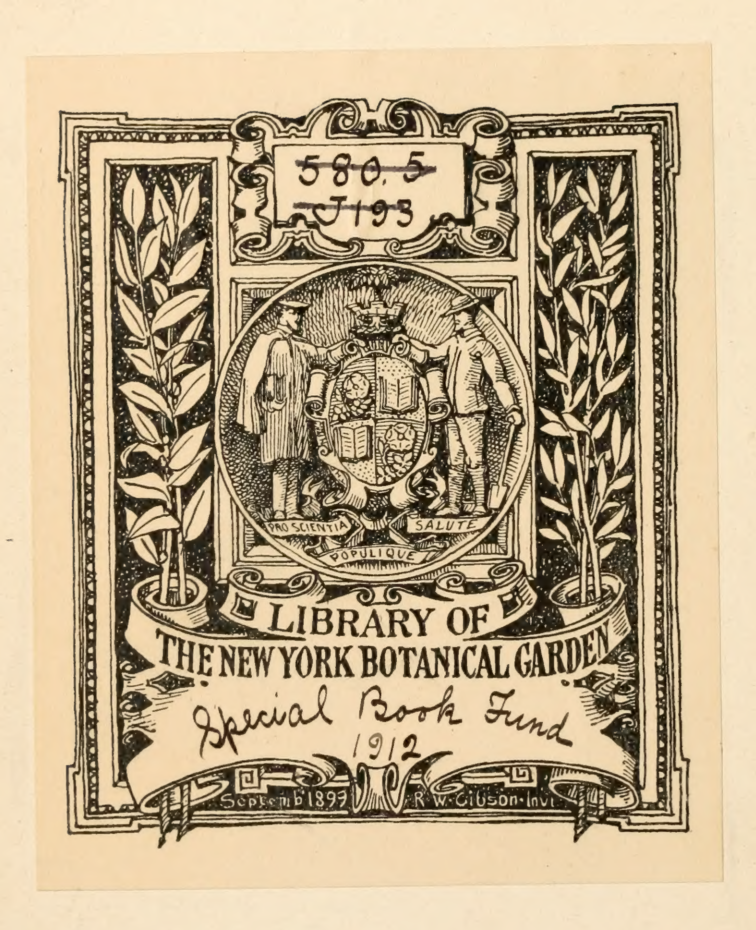
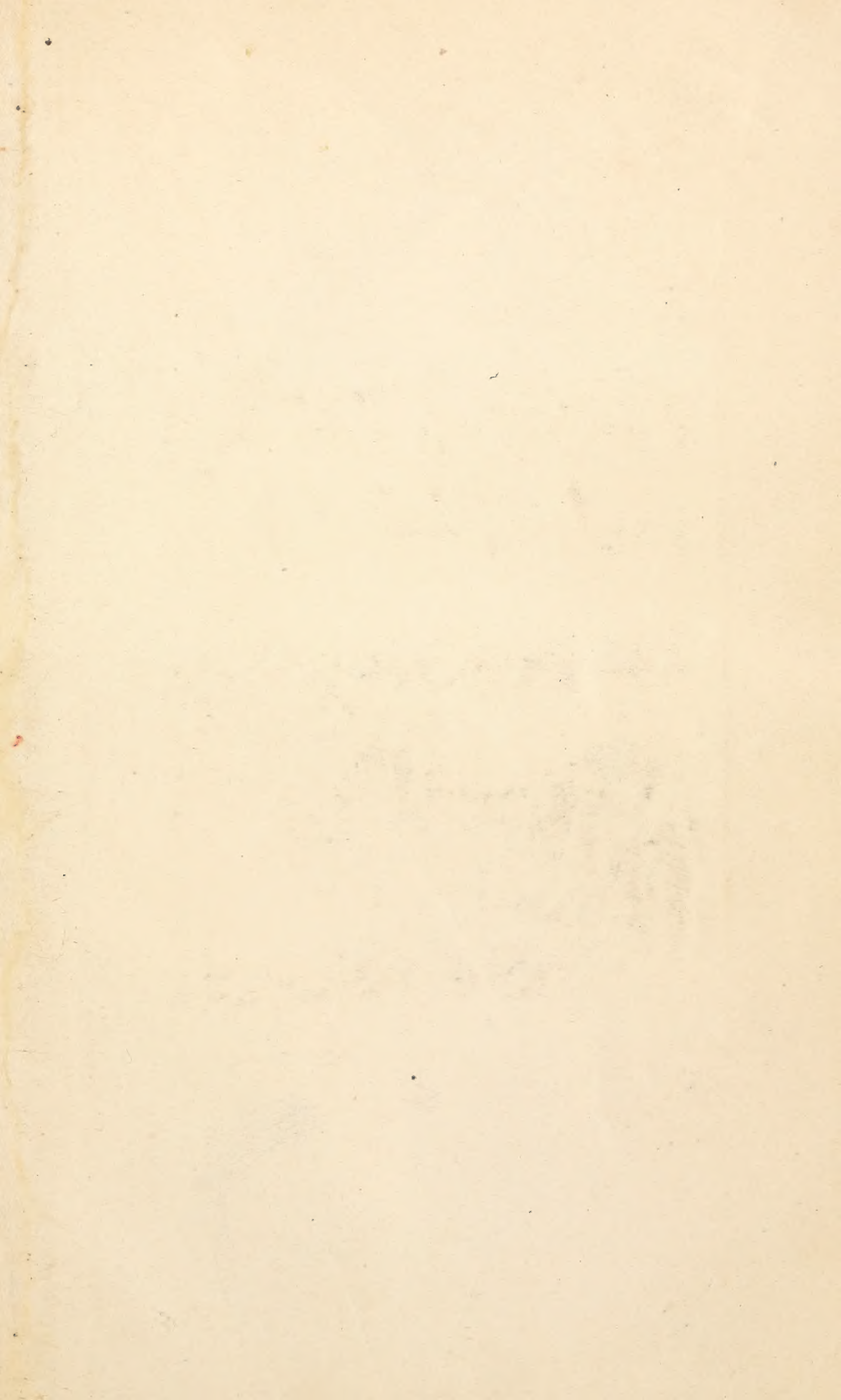




580.5
J193
PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Special Book Fund
1912
Septemb 1899
R.W. Gibson. Invt.





JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

Vierter Band.

Mit 36 zum Theil colorirten Tafeln.

Leipzig, 1865—1866.

Verlag von Wilh. Engelmann.

Inhalt.

Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes Inhaltsverzeichniss.

Verzeichniss der Tafeln.

Taf. I — IV. Zur Blüthe und Befruchtung von Santalum album.

Sämmtliche Abbildungen beziehen sich ausschliesslich auf Santalum album und zeigen:

I. den Blüthenstand; die Blüthe und ihre Theile; Quer- und Längenschnitte durch die Blüthenknospe, Samenträger, Samenknospen, Embryosack, Pollen und Pollenschläuche dieser Pflanze.

II. Embryosäcke mit ihren freien Schenkeln und Embryobläschen.

III — IV. Frei präparirte Embryosäcke mit Embryobläschen und anhaftendem Pollenschlauch in verschiedener Entwickelung und Lage.

Taf. V — VII. Zur Darstellung der Zellenfolge, des Wachsthumes, des Baues und der Keimung laubiger Lebermoose; — und zwar beziehen sich

V. auf Metzgeria furcata und Aneura pinnatifida;

VI u. VII. auf Aneura pinguis, palmata, pinnatifida und Pellia epiphylla.

Taf. VIII — IX. Bau der Schutzscheidezellen.

VIII. Von Ficaria ranunculoides.

IX. Von Ficaria ranunculoides, Elodea canadensis, Brasenia peltata, Charlwoodia rubra.

Taf. X — XIV. Zur Befruchtung und Entwickelung der Gattung Marsilia.

X. Macrosporen und Microsporen. Entwickelung der Spermatozoiden und der Vorkeimanfänge.

XI. Bau des Vorkeims. Antreten der Spermatozoiden an die Archegonium-Mündung. Erste Entwickelungsstufen der Keimanlage.

XII — XIV. Entwickelung der Keimanlage und Pflanze.

Taf. XV — XVIII. Zur Entwickelungsgeschichte der Orchideen-Blüthe.

XV. Orchis maculata und mascula.

XVI. Orchis mascula, Anacamptis pyramidalis, Ophrys myodes, Platanthera bifolia.

XVII. Epipogium Gmelini, Listera ovata, Epipactis latifolia, Epidendrum elongatum, Bletia Tankarvillia, Cymbidium aloifolium, Lycaste aromatica.

XVIII. Trichopilia suavis, Dendrobium fimbriatum, Eria flava, Coelia macrostachya, Pleurothallis tridentata, Pholidota imbricata, Cypripedium Calceolus.

Taf. XIX — XXIII. Bau der Cycadeenfiedern.

XIX. 1. Cycas inermis; 2 — 6. und 8 — 9. Cycas revoluta; 7. Cycas Ruminiana.

XX. 9 u. 11. Cycas revoluta; 10. Cycas Ruminiana; 12 — 15. Encephalartos Altensteini.

XXI. 16. Encephalartos horridus; 17 — 20. Ceratozamia mexicana.

XXII. 21 — 23. Dioon edule; 24 — 25. Zamia Skinneri; 26 — 27. Zamia Fischeri.

XXIII. 28 — 29. Stangeria paradoxa; 30, 32, 33. Encephalartos Altensteini; 31. Encephalartos Lehmanni.

Taf. XXIV — XXVII. Bildung und Bau der Sporangien und Sporen der Farnkräuter.

XXIV. Polypodium sporodocarpum.

XXV. 1 u. 3. Pteris crenulata; 2 u. 4. Polypod. crassifolium; 5 — 7. Scolopendrium officinarum; 8a u. 8b. Asplenium Serra.

XXVI. 1 — 20. Aspidium Filix mas; 21 — 23. Polypod. vulgare.

XXVII. 1 — 15 und 25 — 27. Cibotium Schiedei; Polypod. vulgare; 20 — 21. Scolopendrium officinarum; 22 — 24. Aspidium Filix mas; 28 — 39. Osmunda regalis.

Taf. XXVIII — XXX. Schematische Darstellungen der Blüthenstände der Juncaceen.

Die Pflanzen, zu welchen die Abbildungen dieser Tafeln gehören, sind auf den Tafeln selbst bei jeder Figur angegeben.

Taf. XXXI — XXXII. Zum Bau und zur Entwickelung des Pollens der Mimoseae.

Die Pflanzen, zu welchen die Abbildungen dieser Tafeln gehören, sind: Desmanthus virgatus, plenus; Schrankia uncinnata; Mimosa pudica, agrestis; Acacia alata, undulata, linifolia, lophanta, rutaefolia, decipiens, paradoxa, verticillata, armata, longifolia. Inga spectabilis, tergemina.

Taf. XXXIII. Blüthen und Blüthentheile von Salviaarten.

1 — 3. Salvia pratensis; 4 — 7. S. nutans; 8 — 9. S. splendens; 10 — 12. Salv. Grahami; 13 — 14. S. lanceolata; 15 — 17. S. hirsuta; 18 — 21. S. officinalis; 22 — 23. S. glutinosa; 24 — 25. S. nilotica; 26 — 30. S. verticillata; 31. S. patens; 32 — 35. S. austriaca; 36 — 39. S. triangularis; 40 — 41. S. tubiflora.

Taf. XXXIV — XXXVI. Bau der Sphacelarieen.

XXXIV. 1 — 13. Stypocaulon Scoparium; 14 — 18. Stypocaulon Mülleri.

XXXV. 1 — 5. Halopteris Filicina; 6 — 8. Halopteris Filicina β Sertularia; 9 — 13. Phloiocaulon Squamulosum.

XXXVI. 1 — 5. Chaetopteris plumosa; 6 — 11. Sphacelaria pennata; 12 — 17. Sphacelaria tribuloides; 18 — 21. Sphacelaria cirrhosa; 22 — 29. Cladostephus verticillatus; 30 — 33. Cladostephus spongiosus.

Die Blüthe und die Befruchtung von Santalum album

von

Hermann Schacht.

Seitdem durch W. Griffith das Hervorwachsen des unbefruchteten Embryosacks als langer Schlauch aus dem hüllenlosen Knospenkern der Samenknospe von Santalum album bekannt geworden [1]), wird diese Pflanze mit Recht für besonders günstig zur Beobachtung des Befruchtungsvorgangs bei den Phanerogamen gehalten. — Ausser Griffith, welcher die Blüthen im frischen Zustande in Ostindien untersuchen konnte, aber, offenbar durch ein sehr mittelmässiges Mikroskop behindert, nicht zur Entscheidung der Frage gelangte, war es bisher nur Henfry vergönnt, in Weingeist bewahrte Blüthen von Santalum zu untersuchen, und dieser Forscher erkannte auch sogleich die Abwesenheit einer Zellstoffmembran am unbefruchteten Keimbläschen und deren Bildung nach dem Antritt des Pollenschlauches. Seine Untersuchung liess dagegen über einige andere Punkte, die von mir für Gladiolus und Crocus nachgewiesen sind, noch Fragen offen, weshalb ich meinen Freund Wichura, bei Abgang der königl. preussischen Expedition nach Japan, um Blüthen von Santalum album, in Weingeist bewahrt, ersuchte. Meine Bitte wurde aufs bereitwilligste erfüllt, und ich erhielt von Wichura zu Anfang dieses Jahres ein reichliches Material sehr wohl erhaltener Blüthenstände in Weingeist, an welchen Knospen in verschiedenen Entwickelungsstadien und reichlich sowohl unbefruchtete als auch kürzlich befruchtete Blüthen, desgleichen die ersten Entwickelungszustände der Frucht vorhanden waren, aber leider die späteren Zustände der letzteren

---

1) The annals and magazine of natural history Sept. 1843. Botanische Zeitung 1843 S. 709. Annales des sciences naturelles 1839 Tom. XI pl. III.

fehlten. Diese Blüthenstände wurden, nach brieflicher Mittheilung Wichura's, im Juni 1862 im botanischen Garten zu Calcutta gesammelt; sie sind von mir in diesem Winter sorgfältig untersucht worden. Ich habe mindestens 500 Knospen und Blüthen der Befruchtungsfrage geopfert und darf mit dem Resultat der Untersuchung, welches eine vollständige Bestätigung meiner Beobachtungen für Gladiolus und Crocus gewährt, zufrieden sein, sage deshalb dem freundlichen Geber hiermit auch öffentlich meinen herzlichen Dank für das schätzbare durch ihn erhaltene Material.

Der Blüthenstand von Santalum album (Taf. I Fig. 1) ist eine mehrfach und zwar in regelmässig abwechselnder opponirter Weise verzweigte Traube. Es stehen sich immer zwei Zweige gegenüber, und tragen die letzten derselben je drei Blüthen, eine Endblüthe und zwei Seitenblüthen; erstere ist weiter entwickelt als die beiden seitlichen. Selten stehen sich drei Seitenzweige an der Hauptachse gegenüber. Häufiger erscheinen nur zwei Blüthen neben einander, was durch Verkümmern der dritten zu erklären ist. Die Deckblätter sind selbst an den jüngsten von mir beobachteten, bereits 3 Millimeter langen Knospen abgefallen, ihre Narbe ist deutlich und die stielrunde Hauptachse des Blüthenstandes an jeder Verzweigungsstelle etwas abgeflacht und breiter ausgebildet. Der ganze Blüthenstand, in den längsten Exemplaren 10 Centimeter lang, ist wie die Blüthen selbst unbehaart.

Die Blüthen sind nur wenig grösser als bei Thesium und denselben sehr ähnlich. Von einem Blüthenstiel, der etwa halb so lang als die noch nicht geöffnete Blüthe und mit einem Gelenk am Blüthenstand befestigt ist, getragen, sind sie im Knospenzustand cylindrisch, in der unteren Hälfte etwas dünner als in der oberen. Die untere Hälfte besteht aus dem nicht getheilten, sich um das Pistill röhrenartig erhebenden Blüthenboden, welcher drei vierzählige mit einander abwechselnde Blattkreise trägt (Fig. 2 u. 4). Die vier Kelchblätter, mit klappenförmiger Knospenlage, verlaufen aus breiter Basis in eine stumpfe Spitze, sind lederartig und besitzen einen Mittelnerv, der regelmässig Seitennerven aussendet (Fig. 7). Die vier mit den Kelchblättern abwechselnden Blumenblätter sind dick und fleischig, kürzer und schmäler als erstere und von dunklerer Färbung, sie gleichen grossen fleischigen Warzen, und sind von den Autoren als Nectarien beschrieben (F. 4. 8 u. 9). Die vier mit letzteren abwechselnden, und folglich den Kelchblättern vorgestellten Staubblätter besitzen ein mässig dickes Filament, welches am Rücken der Anthere in das

Connectiv übergeht. Die letztere ist vierfächerig, oben breiter als unten, und öffnet sich nach innen mit zwei Längsspalten (Fig. 3 u. 9). Zwischen den Kelchblättern und den Staubblättern steht ein Büschel langer einzelliger, ziemlich steifer Haare, welche sich nach dem Aufblühen theilweise gegen den Staubweg neigen und vielleicht mit zur Uebertragung des Pollens auf die Narbe dienen (F. 8′ u. 18). Der Blüthenstaub ist länglich kugelförmig, er besitzt eine glatte äussere Membran mit drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch; die innere Membran, welche später als Pollenschlauch hervortritt, ist sehr zart. Der Inhalt der Pollenkörner ist feinkörnig ohne Stärkmehl, dagegen reich an Protoplasma. In derselben Anthere einer Blüthenknospe finden sich häufig durchaus verschiedene Stadien der Pollenentwickelung, z. B. Mutterzellen mit einem Kern neben andern mit vier Kernen, oder gar mit bereits in vier Portionen getheiltem Inhalt [1]). Beim Aufblühen schlagen sich die vier Kelchblätter zurück, die warzenförmigen dicken Blumenblätter verändern dagegen ihre Stellung nicht; ein Theil der hinter den Staubblättern stehenden Haare neigt sich, wie schon erwähnt, gegen den Staubweg und die Antheren erscheinen geöffnet. Bald nach erfolgter Befruchtung trennt sich dann der röhrenförmige Theil des Blüthenbodens, eine ringförmige Narbe auf dem halbunterständigen Fruchtknoten zurücklassend, wodurch die drei genannten Blattkreise der Blüthe mit einander abgeworfen werden (F. 8. 8′ u. 10).

Das Pistill ist ursprünglich oberständig; es wird aber durch die röhrenförmige Ausdehnung des Blüthenbodens bald nach Anlage der drei ersten Blattkreise, mit welcher gleichzeitig noch eine Erhebung des tiefer gelegenen, auch die Basis des Pistills tragenden, Theiles verbunden ist, unterständig, oder, wenn man die Basis der röhrenförmigen Erhebung als Blüthengrund betrachtet, halbunterständig. Die zur Blüthezeit nur wenig angeschwollene Fruchtknotenhöhle, mit freiem mittelständigen, säulenförmig aufsteigenden Samenträger, geht allmählig in den mässig langen Staubweg über, der mit drei kleinen warzenförmigen Narben endigt. Die secernirende Oberhaut dieser Narben wird von kleinen rundlichen Zellen gebildet (Fig. 12) und eine ähnliche Oberhaut bekleidet auch den weiten, eine offene Röhre darstellenden Staubwegkanal (Fig. 15). An dem säulenförmigen freien mittelständigen Samenträger, der mit stumpfer Spitze endigt, hängen nach abwärts drei Samenknospen von sehr einfachem Bau, nur aus

1) Aehnliche Verhältnisse sind schon früher von mir bei Mirabilis Jalapa nachgewiesen (Pringsheim's Jahrbücher Bd. II).

einem weichzelligen im Querschnitt ellipsoidischen Knospenkern bestehend, der keine Knospenhüllen bildet (Fig. 8', 13 u. 14). Jede dieser drei Samenknospen erhält vom mittelständigen Samenträger aus ein nur sehr zartes Gefässbündel, welches unfern der Spitze des Knospenkerns endigt. In der Nähe dieses Gefässbündels entsteht nun der Embryosack aus einer Zelle des Knospenkerns, die sich vorzugsweise nach unten und oben verlängernd, bald einen Schlauch bildet, dessen eine Hälfte aus dem Knospenkern frei hervortritt, während die andere im Knospenkern aufwärts wächst (Fig. 13 u. 16). Der aus dem letzteren hervortretende Theil des Embryosacks kann in der von dem Samenträger und seinen Samenknospen beinahe ganz erfüllten Fruchtknotenhöhle nur zwischen dem Samenträger und der Fruchtknotenwandung Raum zu seiner weiteren Ausbildung finden, und wendet sich, vielleicht schon deshalb, kaum aus dem Knospenkern hervorgetreten, nach aufwärts, um längs der Wand des kegelförmigen Samenträgers emporzuwachsen. Selten erreicht er die Spitze desselben vollständig. Durch eine Ausschwitzung der Oberhaut des letzteren ernährt, haftet er, zu einem langen, ziemlich derbwandigen Schlauch geworden, mehr oder weniger fest am Samenträger, von dessen Spitze er nur gewaltsam zu trennen ist, während die Wand der Fruchtknotenhöhle, welche ebenfalls den schlauchförmigen Embryosack berührt, nicht mit ihm verklebt erscheint. — Die Pollenschläuche finden sich oftmals zu 12 bis 20 im Staubweg der bestäubten Blüthen, bisweilen aber auch in geringerer Anzahl, nur zu 2 und 3; sie treffen im Staubwegkanal auf die stumpfe Spitze des Samenträgers und wandern an ihr weiter bis zu den Embryosäcken hinab. Auch sie sind mehr oder weniger fest am Samenträger verklebt und lassen sich nur selten für längere Strecken unversehrt ablösen (Fig. 13).

Wenn später die übrigen Blüthentheile in oben beschriebener Weise mit einander abgefallen sind, ist der Staubweg mit seiner Narbe noch vorhanden; die Wand der Fruchtknotenhöhle ist breiter, dicker geworden und im Embryosack der Anfang eines Sameneiweisses entstanden. Noch später trennt sich auch der Staubweg von dem zur kugeligen Steinbeere auswachsendem Fruchtknoten, welcher nach Henfry nur einen Samen ohne Samenschale mit reichlichem Sameneiweiss und geradem, cylindrischem Keim umschliesst. Das Wurzelende des letzteren ist dem ehemaligen Staubweg zugewendet; vom mittelständigen Samenträger und den beiden nicht zur weiteren Ausbildung gekommenen Samenknospen sind nur vertrocknete Ueberreste zurückgeblieben (Taf. IV Figg. 51—54).

Nur einmal sah ich eine Blüthe mit 5 Kelchblättern und übrigens normalem Bau, desgleichen höchst selten einen Staubweg mit 4 Narben und in diesem Falle 4 Samenknospen am Samenträger. Während die Autoren [1]) für Santalum ein Perigonium annehmen, glaube ich viel richtiger Kelch und Blumenkrone unterscheiden zu müssen. Warzenförmig ausgebildete Blätter eines besonderen Blattkreises als Nectarien aufzufassen, ist überhaupt nicht lobenswerth, so lange unter dieser Bezeichnung noch alles Mögliche verstanden wird. Die Antheren sind ferner nicht zweifächerig, sondern, wie die Mehrzahl der Staubbeutel unter den Phanerogamen, ursprünglich vierfächerig; sie öffnen sich auch nicht mit einer, sondern mit zwei Längsspalten. Der Fruchtknoten ist keinesweges ursprünglich frei und später mit dem die Blattkreise tragenden Discus verwachsen, wie Henfrey angiebt, entwickelt sich vielmehr in der oben beschriebenen Weise [2]).

Die nicht geöffneten Blüthen sind sämtlich unbestäubt und die Antheren noch geschlossen. Die geöffneten dagegen sind meistens bestäubt, obschon der Pollen auf der Narbe schwer zu finden ist und ich ihn Schläuche treibend nur selten auf derselben gesehen habe (Fig. 12), was auf ein zeitiges Absterben des oberen Theiles der Pollenschläuche hindeutet. Im Staubwegkanal der geöffneten Blüthe findet man dagegen in den meisten Fällen mehrere, ja sogar bisweilen viele wohlerhaltene Pollenschläuche, die immer am Samenträger verklebt sind und sich kaum unversehrt von ihm trennen lassen. Bei der geöffneten Blüthe lässt es sich nicht vorausbestimmen, ob ihre Samenknospen schon befruchtet sind, und mit Bezug auf den Embryosack zeigen nicht selten die Samenknospen desselben Samenträgers in ihrer Entwickelung wesentliche Unterschiede; bisweilen ist der Embryosack der einen Samenknospen noch ganz kurz, kaum aus dem Nucleus hervorgetreten, während er bei den beiden anderen schon vollständig ausgewachsen erscheint, und ebenso kann der eine Embryosack befruchtet sein, während die beiden anderen noch mit keinem Pollenschlauch zusammengetroffen, oder umgekehrt. Sehr häufig fand ich zwei Embryosäcke, seltener alle drei derselben Blüthe befruch-

---

1) De Candolle Prodromus pars XIV p. 681 u. 683.

2) Die Querdurchschnitte durch die Blüthenknospen, kurz vor deren Aufbrechen (Figg. 4—6), konnten nur nach Behandlung der Knospen mit erwärmter Gelatina-Lösung gewonnen werden. Einige Stunden später nach dem Erstarren der farblosen Gelatina durchschnitten, erhielt ich vortreffliche, schwerlich auf andere Weise in solcher Vollkommenheit zu gewinnende, Präparate.

tet, aber dessenohngeachtet scheint sich, nach Henfry, immer nur eine Samenknospe zum vollkommenen Samen auszubilden. Die Blüthen, welche mit der röhrenförmigen Erhebung des Blüthenbodens auch ihre drei äusseren Blattkreise verloren hatten (Fig. 10), waren immer befruchtet und die am weitesten entwickelten Zustände, welche mir zu Gebote standen.

Das erste Entstehen des Embryosacks aus einer kleinen Zelle des Knospenkerns habe ich, weil mir so jugendliche Zustände fehlten, nicht beobachten können. Ich fand den Embryosack in den jüngsten der vorhandenen Knospen schon als cylindrischen Schlauch, aber noch innerhalb des Knospenkerns zur Seite eines schwach entwickelten, nur durch wenige Reihen enger und verhältnissmässig kurzer, spiralförmig verdickter Zellen erkennbaren Gefässbündels liegend. Häufiger war das eine Ende schon frei hervorgetreten und hatte sich bereits aufwärts gewendet (Fig. 16). Da, wo der Embryosack aus dem Knospenkern hervortritt, bildet er oft eine kugelige oder unregelmässig geformte Anschwellung, in welcher von körnigem Protoplasma umgeben ein Zellkern liegt. Im normalen Falle verlängert sich nun der frei hervortretende Schenkel des Embryosacks zu einem langen dickwandigen Schlauch von fester Beschaffenheit, der sich an den säulenförmigen Samenträger lehnend emporwächst, häufig dessen Spitze erreicht, aber so viel ich wahrgenommen, niemals über dieselbe hinauswächst. Wenn man einen ausgewachsenen normal gebildeten Embryosack frei präparirt, so entspricht der freie Schenkel in seiner Länge etwa dem anderen vom Gewebe der Samenknospe umfassten Schenkel (Taf. II Fig. 19). Aber nicht selten kommen auch abnorme Ausbildungen des Embryosacks vor, und zwar zunächst Theilungen verschiedener Art. Es wurde von mir zweimal die Theilung des frei hervortretenden Schenkels in zwei schlauchförmige Arme (Fig. 21 u. 23) beobachtet. Einmal begegnete mir sogar eine Theilung in drei solcher Arme (Fig. 22). Verzweigungen des frei hervortretenden Embryosackschenkels sind noch häufiger (Fig. 24); am häufigsten aber erscheint ein seitlicher Ast am freien Embryosackschenkel unter der organischen Spitze desselben, in welcher die Keimbläschen liegen, welcher nicht selten eine bedeutende Länge erreicht und weiter am Knospenträger emporwächst, wofür Fig. 26 ein besonders auffälliges Beispiel liefert. Ob ein zweischenkliger Embryosack in beiden Schenkeln Keimbläschen bildet, konnte ich leider nicht erfahren, da beim Freipräpariren die Enden der beiden Schenkel bei Fig. 21 beschädigt waren, die übrigen abnorm gebildeten Embryosäcke dagegen für die

Keimbläschenbildung noch zu jung erschienen. Zwei Schläuche sah ich nur einmal neben einander aus einer Samenknospe hervortreten, und blieb es hier zweifelhaft, ob wirklich zwei neben einander vorhandene Embryosäcke anzunehmen sind, oder ob eine Theilung des Embryosacks in zwei frei hervortretende Schenkel schon innerhalb der Samenknospe stattgefunden. Im Gewebe der letzteren bildet ausserdem der sich hier noch weiter verlängernde Schenkel vielfach seitliche Auswüchse, die erst durch ein sorgfältiges Freilegen dieses Theiles deutlich erkannt werden. Bemerkenswerth ist, dass ein Emporwachsen seitlicher Aeste des Embryosackes über dessen organisches Ende hinaus weder die Ausbildung der Keimbläschen noch deren weitere Befruchtung hindert (Taf. II Fig. 26 u. 39).

Der schlauchförmige Embryosack enthält im unbefruchteten Zustand in beiden Schenkeln körniges Protoplasma, das durch die Einwirkung des Weingeists meistens als körnige Membran (die Hautschicht samt der Körnerschicht des Protoplasma begreifend) geronnen ist. An der Umbiegungsstelle des freien Schenkels liegt meistens ein grosser, schön umschriebener Zellkern mit deutlichen Kernkörperchen, der aber durch geronnenes Protoplasma verdeckt sein kann. Bisweilen findet man denselben in der Theilung begriffen, oder statt eines Cytoblasten bereits zwei dicht neben einander liegende Zellkerne. Durch Anwendung von Aetzkalilösung lassen sich bisweilen sogar erstarrte Strömungsfäden des Protoplasma nachweisen. In den noch nicht ausgewachsenen Embryosäcken sind noch keine Keimbläschen vorhanden. Die Membran des Embryosacks verläuft an der abgerundeten Spitze, wo sie sich bilden sollen, in derselben Stärke als weiter abwärts. Im Innern zeigt sich kaum eine Anhäufung des körnigen Protoplasma, dagegen fand ich bisweilen diesem Orte genähert einen oder auch zwei, wie Fig. 25 zeigt, durch Theilung entstandene Zellkerne. Nur einmal sah ich am Ende des freien Embryosackschenkels zwei scharf gesonderte, auch vom übrigen Protoplasma getrennte Protoplasmamassen, die sichern Anfänge der Keimbläschen, welche wahrscheinlich in ihrem Inneren je einen Zellkern verbergen (Fig. 28). Einen weiteren Zustand liefert Fig. 29, wo in dem rechts gelegenen Embryosack das eine Keimbläschen verkümmert, das andere dagegen in voller Entwickelung begriffen, und nur durch die Einwirkung des Weingeistes etwas zusammengeschrumpft ist. Dasselbe scheint noch in einer Mutterzelle zu liegen, welche sich dicht an die Wandung des Embryosacks legt und mit ihr im oberen Theile verwachsen ist; möglich jedoch, dass die scheinbare Wand einer Mut-

terzelle nur einer mehr erhärteten Hautschicht des Protoplasma entspricht, von der sich das übrige Protoplasma durch stärkeres Zusammenziehen getrennt hat, was mir als wahrscheinlicher erscheint. Sehr deutlich zeigt dieses Präparat (Fig. 30) einen oberen farblosen und fettglänzenden nicht körnigen und einen unteren gelblich gefärbten matten und stark körnigen Theil. Ersterer ist der sich bildende Fadenapparat, letzterer die entstehende Protoplasmakugel des Keimbläschens. Die Membran des Embryosacks verläuft hier noch unversehrt über dem Keimbläschen hinweg; das verschrumpfte Keimbläschen dagegen liegt wie ein Pfropf an der Stelle, wo er sich hätte ausbilden sollen. Auf Fig. 27 liegen die beiden noch sehr jungen Keimbläschen im Innern einer Mutterzelle, und sind, wie es scheint, durch Längstheilung in derselben entstanden.

Wenden wir uns jetzt zu den fertigen, aber noch unbefruchteten Keimbläschen, so finden wir dieselben der Spitze des Embryosackes paarweise eingeklemmt und zwar mit der abgerundeten glänzenden Spitze des Fadenapparates frei aus derselben hervorragend. In der Regel ist die Spitze des Embryosackes, in welcher die Fadenapparate der beiden Keimbläschen liegen, etwas verengert und bildet sich unter derselben eine Erweiterung, was namentlich bei Fig. 34 u. 39, weniger bei Fig. 31, 32 u. 36 in die Augen fällt. Die verengerte Spitze des Embryosackes zeigt in allen von mir beobachteten Fällen sowohl vor als nach der Befruchtung eine viel zartwandigere Membran, und meistens tritt unter derselben plötzlich mit der Erweiterung auch eine bedeutende Verdickung der letzteren ein. Ueber der Spitze des Fadenapparates aber ist entweder die Membran auf ein Minimum als einfache Linie reducirt (Fig. 31) oder viel häufiger schon vollständig verschwunden (Fig. 32, 33, 34, 35, 36 u. 39). In einem Falle, wo die Spitze des Embryosacks so gelegen, dass man von oben auf dieselbe herabsah, erschienen die beiden durch den Fadenapparat der zwei Keimbläschen resorbirten Stellen als neben einander liegende kreisförmige Löcher (Fig. 37), welche den von Hofmeister und Radlkofer bei Pedicularis und Euphrasia beobachteten sogenannten Ansatzstellen der Keimbläschen entsprechen[1]). — Unter dem Fadenapparat, der bei Santalum nicht ganz so schön ausgebildet als bei Gladiolus und Crocus erscheint, aber im Aussehen und Bau demselben vollkommen entspricht, liegt der übrige Theil der Keimbläschen häufig als zerflossene (Fig. 31) oder durch Einwirkung

1) Man vergleiche hierfür meine Untersuchungen über Crocus in der Flora 1858.

des Weingeistes verschrumpfte, körnige Protoplasmamasse (Fig. 35), welche jedoch nach Anwendung verdünnter Kalilösung nicht selten eine andere Gestalt annimmt und als natürliche Fortsetzung je eines Fadenapparates mit leiser Umgrenzung, aus körnigem Stoff gebildet und einen Zellkern umschliessend, hervortritt (Fig. 36), ja in einzelnen Fällen sogar erhärtete Protoplasmaströme erkennen lässt (Fig. 34). Seltener ist der untere Theil des Keimbläschens, (die Protoplasmakugel), schon ohne Anwendung von Kalilösung oder Chlorzinkjodlösung, welche ein ähnliches Aufquellen bewirkt, mit deutlicher Umgrenzung, immer jedoch ohne Zellstoffmembran sichtbar, wofür die Figuren 32 u. 33, beide derselben Blüthe entnommen, Zeugniss geben. — Der Fadenapparat wird durch Chlorzinkjodlösung nach einigen Minuten hellviolett gefärbt, während die Wand des Embryosacks eine tiefer violette Färbung annimmt, und der untere körnige Theil des Keimbläschens (meine Protoplasmakugel) gleich dem übrigen Protoplasma des Embryosacks eine gelbbraune Färbung erhält. Durch Kupferoxydammoniak verschwindet der Fadenapparat; durch Anwendung von Kalilösung quillt er auf und verliert sein streifiges, wie aus Fasern zusammengesetztes Aussehen; durch Carminlösung endlich färbt er sich nicht, wenigstens nicht für die Dauer, während die Protoplasmakugel dauernd den Farbstoff behält. Der Fadenapparat ist demnach eine Zellstoffbildung an der Spitze des Keimbläschens, welche, wie die weitere Untersuchung wahrscheinlich macht, diese Spitze nur äusserlich bedeckt, er bildet sich, wie die Figuren 27 u. 30 zeigen, als Theil des Keimbläschens mit demselben aus und bedeckt, einer Kappe vergleichbar, den unteren aus körnigem Protoplasma und einem Zellkern bestehenden Theil desselben, den ich die Protoplasmakugel nenne. Dieser letztere Theil besitzt keine Zellstoffumhüllung, er ist bald kürzer, fast kugelförmig (Fig. 34 u. 36), bald länger und walzenförmig (Fig. 32 u. 33), und bald durch die Einwirkung des Weingeistes mehr oder weniger verschrumpft.

Griffith hat, nach den Abbildungen in den Annales des sciences [1]) zu schliessen, das unbefruchtete Keimbläschen gar nicht gesehen, Henfry [2]) dagegen hat es im Allgemeinen richtig beobachtet. Den Fadenapparat, dessen streifiges Wesen er nicht erkannt, bezeichnet er als Coagulum. Nach Fig. 8 u. 9 der Tafel 17 verläuft die Membran des Embryosacks auch über dieses Coagulum; nach Fig. 10 u. 11

1) Annales des sciences naturelles 1839 Tome XI pl. II. Fig. 4 u. 5.

2) Henfry Trans. Linn. Soc. Vol. XII p. 69. — Ferner Report of the British Association for the Advancement of Science for 1856

dagegen, wo ein Pollenschlauch an die Keimbläschen getreten ist, fehlt über der Spitze des Fadenapparates die Membran des Embryosacks, woraus ich schliessen muss, dass auch Henfry das unmittelbare Zusammentreffen des Pollenschlauches mit dem Fadenapparat gesehen, aber nicht richtig aufgefasst hat, da er von einer Verschmelzung (conjugation) mit dem Embryosack redet. Der unter dem Coagulum hängende Nucleus (meine Protoplasmakugel) ist nach seinen Worten und Abbildungen vor der Befruchtung membranlos, und besteht aus körnigem Protoplasma und einem centralen Zellkern.

Um die Zeit, wo beide Keimbläschen entwickelt sind, bildet sich in der Regel nahe der Austrittsstelle des Embryosacks aus dem Knospenkern, im freien Theil desselben eine Scheidewand, welcher die Theilung des dort gelegenen Zellkerns voranging. Der freie Schenkel des Embryosacks und der von dem Gewebe des Knospenkerns umgebene Schenkel bilden jetzt zwei durch jene Scheidewand getrennte Zellen. In beiden beginnt die Bildung von Stärkmehlkörnern, während im Gewebe des Knospenkerns schon früher reichlich Stärkmehl entstanden ist.

Nunmehr gelangen die Pollenschläuche, im weiten auf dem Querschnitt dreieckig erscheinenden Staubwegkanal (Taf. I Fig. 15) hinabgestiegen, an die Spitze des Samenträgers und von diesem an die Spitze des zur Befruchtung bereiten Embryosacks, welche letztere um diese Zeit so innig mit der Placenta verklebt ist, dass bei sorgfältigster Trennung häufig zerrissene Zellen ihrer Oberhaut an der Embryosackspitze hängen bleiben (Fig. 36, 43, 44, 47, 48, 50), was auch von Henfry beobachtet wurde. Es scheint darnach, als ob der obere Theil des Samenträgers mehr klebrigen Saft ausscheidet, weshalb auch die Pollenschläuche fest an demselben haften und nur schwierig in grösserer Ausdehnung unversehrt von ihm zu trennen sind. Das Epithelium der Fruchtknotenwandung kann dagegen nicht secernirend wirken, weil sonst auch hier ein Verkleben stattfinden müsste. Die Trennung des Samenträgers von der umschliessenden Fruchtknotenwandung, desgleichen die Trennung des freien Embryosackschenkels vom unteren Theile des Samenträgers gelingt überall ohne Schwierigkeit, dagegen lassen sich die Spitze des Embryosackes, welche die Keimbläschen birgt, desgleichen die an der Spitze des Samenträgers haftenden Pollenschläuche, viel schwieriger vom Gewebe des letzteren trennen und zerreissen bei diesem Bemühen sehr häufig. Ich bin deshalb geneigt, dieser Spitze des Samenträgers eine Secretion klebender Säfte zuzuschreiben, durch

welche wahrscheinlich die Pollenschläuche ernährt und deren längeres Verweilen in der höheren Region des Samenträgers, an dem sie in mannigfacher Weise umherkriechen, vermittelt wird. Die Pollenschläuche selbst sind nur zart, der Durchmesser beträgt kaum $\frac{1}{100}$ Millimeter, ihre Wandung erscheint, wenn sie das Pollenkorn verlassen, doppelt contourirt (Taf. I Fig. 11), ebenso im Staubwegkanal. Schon an der Spitze des Samenträgers gewinnt ihre Membran ein aufgelockertes Aussehen und der vorhin feinkörnige Inhalt erscheint wie geronnen. An die Spitze des Embryosacks gelangt und in der Regel zwischen die beiden Fadenapparate der Keimbläschen getreten, erscheinen die Pollenschläuche endlich noch mehr erweicht, wobei häufig mehrere Schichten der Wandung sichtbar werden, und die äusserste Schicht kaum noch scharf contourirt, der Inhalt des Pollenschlauches aber, oder vielleicht die innerste Schicht seiner Wandung, zu einer körnigen fettglänzenden Masse verändert ist.

In der Regel trifft nur ein Pollenschlauch auf die Spitze des Embryosacks und schiebt sich in diesem Falle, mit seltenen Ausnahmen, zwischen die beiden dicht neben einander und auf gleicher Höhe liegenden Fadenapparate, so dass sein Ende nicht deutlich gesehen wird (Fig. 38, 42, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50). Viel seltener berührt der Pollenschlauch die Spitze eines Fadenapparates. Aber auch dann ist die Weise, wie er abschliesst, nicht so deutlich, als man es wünschen möchte, namentlich sind die Contouren nur sehr leise angedeutet (Taf. III Fig. 40, 41 u. 43). Nicht selten treten auch mehrere, zwei bis fünf Pollenschläuche an die Spitze desselben Embryosacks, doch scheint selbst in diesem Falle nur einer zwischen die Fadenapparate der Keimbläschen zu dringen (Taf. III Fig. 38 u. 43). Alle Präparate des kürzlich befruchteten Embryosacks, und ich habe deren weit über 80 aufs genaueste betrachtet, zeigten bei geeigneter Lage ein freies Hervorragen der abgerundeten glänzenden Spitze der beiden Fadenapparate über die an diesen Stellen resorbirte Membran des Embryosackes, desgleichen eine unmittelbare Berührung des Pollenschlauches mit dem Fadenapparate (Taf. III u. IV Fig. 38, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50). Nur für Fig. 44 ist durch anhängende Zellwände des Samenträgers und für Fig. 41 durch die seitliche Lage der Keimbläschen das Verhältniss unklar geworden; diese beiden Fälle aber können gegen die anderen sehr deutlich redenden Beispiele nichts beweisen. — Die Verbindung des Pollenschlauches mit den Fadenapparaten ist eine so innige und feste, dass es mir bei vielfachen Versuchen in keinem Falle gelungen ist,

beide Theile unversehrt von einander zu trennen. — Auch nach Henfry haftet der Pollenschlauch so fest an der Embryosackspitze, dass er sich von derselben nicht entfernen lässt, Henfry glaubt deshalb an eine Verschmelzung desselben mit dem Embryosack; ich dagegen muss eine Verbindung zwischen dem Pollenschlauch und den Fadenapparaten annehmen. Auch bei Gladiolus und Crocus, wo sich die Grenze des Pollenschlauches deutlich markirt, ist eine innige Verbindung des Fadenapparates mit letzterem zweifellos und das Verhältniss der beiden Fadenapparate zur Membran des Embryosackes dasselbe wie bei Santalum.

Wenn nun das Pollenschlauchende die Spitze des Fadenapparates eines der Keimbläschen berührt, oder was häufiger geschieht, sich zwischen die beiden Fadenapparate geschoben hat, so erscheint in den meisten Fällen die Protoplasmakugel des einen, häufiger jedoch beider Keimbläschen, von einer zarten, in der Regel schon doppelt contourirten glatten, nicht körnigen, Membran umgrenzt, von welcher sich der Inhalt durch Einwirkung des Weingeistes mit körniger Umgrenzung zurückgezogen hat (Taf. III u. IV Fig. 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50). Bei einigen Präparaten war, obschon der Pollenschlauch bereits die Keimbläschen berührte, diese Membran um die Protoplasmakugel noch gar nicht (Taf. III Fig. 40 u. 42), oder doch so zart vorhanden, dass sie nur als einfache Linie erschien und nach Anwendung schwacher Aetzkalilösung beinahe wieder verschwunden war (Taf. III Fig. 38). Solche Fälle muss ich als eben befruchtet bezeichnen. Auch zeigt der Pollenschlauch sich hier weniger erweicht, bei Fig. 42 sogar noch mit doppelt contourirter Wand, was in den etwas späteren Stadien, wo eine glatte, doppelt contourirte Membran die Protoplasmakugel umkleidet, nicht mehr der Fall ist. Niemals habe ich bei Santalum die Protoplasmakugel von einer festen Membran umgrenzt, und den körnigen Inhalt von dieser Membran zurückgezogen gefunden, ohne dass ein Pollenschlauch an den Fadenapparaten haftete, und auch Henfry hat eine solche Membran nur nach erfolgter Befruchtung wahrgenommen. Santalum ist aber zur Entscheidung dieser Frage vorzugsweise geeignet, da es bei reichlichem Material verhältnissmässig leicht ist, eine grössere Anzahl unbefruchteter und befruchteter Embryosackspitzen durchaus unverletzt vollständig freizulegen. Ich betrachte deshalb mit Henfry die membranlose Beschaffenheit der unbefruchteten Protoplasmakugel, d. h. das Fehlen einer glatten aus Zellstoff bestehenden Membran als Umgrenzung derselben, als eine ausgemachte Sache,

und stütze mich ausser Santalum noch auf Gladiolus, Crocus, Watsonia und Phormium.

Erhält aber die Protoplasmakugel erst durch Einwirkung des Pollenschlauches, also nach geschehener Befruchtung, eine derartige Zellstoffmembran, so müssen, wenn beide Protoplasmakugeln von solcher umkleidet erscheinen, auch beide befruchtet sein, und dieser Fall tritt für Santalum mindestens ebenso häufig als der andere ein, wo nur die Protoplasmakugel des einen Keimbläschen eine Membran erhält. (Man vergleiche die Figuren 44, 45, 46 u. 49 mit den Figuren 38, 47, 48 u. 50.) Wenn der Pollenschlauch, wie gewöhnlich, sich zwischen die beiden Fadenapparate schiebt und folglich beide Keimbläschen gleichzeitig berührt, so wäre auch nicht zu begreifen, warum er nur eines derselben befruchten sollte; und ist es viel natürlicher und deshalb auch wahrscheinlicher, dass beide durch ihn befruchtet werden. Dagegen lässt sich nicht leugnen, dass auch der andere Fall, die Nichtbefruchtung des zweiten Keimbläschens, unter anscheinend gleichen Verhältnissen, bisweilen eintritt, was in gleicher Weise von mir auch bei Gladiolus und Crocus beobachtet wurde. Henfry scheint nur die Befruchtung des einen Keimbläschens gesehen zu haben.

Wenn nur das eine Keimbläschen befruchtet wird, so verschrumpft die Protoplasmakugel des anderen bei Santalum zu einer dichten körnigen gelbgefärbten Masse und wird dabei oftmals unkenntlich, weil in der Spitze des Embryosacks auch sonst noch körniges, durch die Einwirkung des Weingeistes geronnenes, Protoplasma vorkommt. In anderen Fällen ist dagegen die Gestalt der Protoplasmakugel, welche nicht befruchtet wurde, besser erhalten und noch als verschrumpfte Masse erkennbar (Fig. 43 u. 50). Wurden beide Keimbläschen befruchtet, so eilt das eine bald dem anderen voraus, es wird grösser als das andere und sein Zellkern beginnt sich zu theilen. Auf gleicher Ausbildungsstufe finden wir noch beide Keimbläschen der Fig. 45. Schon in Fig. 49 ist das rechts gelegene Keimbläschen etwas grösser geworden. In Fig. 46 hat die Vergrösserung des links gelegenen schon bedeutender zugenommen, und ist ein zweites Kernkörperchen im Zellkern desselben entstanden, während in Fig. 44 die vollständige Theilung des Zellkerns bereits erfolgt ist [1]). Das zweite befruchtete Keimbläschen scheint sich dagegen in allen Fällen nicht weiter zu vergrössern, wohl aber ganz allmählig zu Grunde zu ge-

1) Fig. 47 zeigt einen Zustand noch unvollständiger Theilung des Zellkerns.

hen. — In der Regel enthält das sich ausbildende Keimbläschen nur feinkörnige, sich durch Jodlösung gelbfärbende Stoffe und einen schön umschriebenen Zellkern mit glänzendem Kernkörperchen, bisweilen findet man aber in selbigem auch Stärkmehlkörner von derselben Grösse, als sie im Embryosack vorkommen. Diese Stärkmehlbildung scheint aber, wo sie überhaupt auftritt, nur transitorisch zu sein; wenn der Zellkern die Theilung beginnt, ist das Stärkmehl wieder verschwunden.

Sobald um die Protoplasmakugel des einen oder auch beider Keimbläschen eine Zellstoffmembran entstanden ist, bildet sich auch in der Spitze des Embryosacks selbst und zwar zwischen Fadenapparat und Protoplasmakugel, von der Wand des Embryosacks ausgehend, eine aus Zellstoff bestehende Scheidewand, deren allmähliges Vorwärtsschreiten bis zur Mitte an den verschiedenen Präparaten deutlich wahrnehmbar ist (Fig. 38, 43, 45, 46 u. 48). Wenn diese Scheidewandbildung vollendet ist, erscheint die Spitze des Embryosacks mit den in ihr liegenden beiden Fadenapparaten vollständig von dem tiefer gelegenen Theile des Embryosacks getrennt, und hängt die sich zum Keim ausbildende Protoplasmakugel des einen Keimbläschens an dieser Scheidewand, mit ihr innig verwachsen (Fig. 47 u. 50). Die Spitze des Embryosacks über dieser Scheidewand stirbt darauf ab, die Fadenapparate verlieren allmählig ihr glänzendes streifiges Aussehen und sind später ganz unkenntlich geworden, der auswachsende untere Theil des Keimbläschens dagegen schwillt an seinem freien Ende kugelförmig an, sein Zellkern theilt sich und wahrscheinlich entsteht bald darauf die erste Scheidewand zwischen dem kurzen an der Scheidewand des Embryosacks befestigten Embryoträger und der kugeligen zur ersten Mutterzelle des Keims werdenden Anschwellung des Keimbläschens, was durch die Sonderung des Inhalts in zwei Theile bereits auf einigen Figuren angezeigt ist (Fig. 41, 46, 47, 48 u. 49).

Mit der Scheidewandbildung in der Spitze des Embryosacks, welche bisher noch nirgends in dieser Weise beobachtet wurde, schliesst leider auch meine Beobachtung über Santalum, da mir weitere Entwickelungszustände fehlten. Ich konnte deshalb weder die weitere Ausbildung des Keimes noch das Entstehen der ersten Mutterzellen für das Endosperm über die ersten Anfänge hinaus verfolgen. Diese Bildung beginnt in der Regel in dem unteren, häufig angeschwollenen Theile des freien Embryosackschenkels, mit der Theilung des vorhandenen Zellkerns und darauf erfolgender Theilung des

Zellinhaltes um jene Theilungszellenkerne. Wohl habe ich Inhaltsportionen, von einer körnigen Protoplasmamembran umgrenzt und je mit einem Zellkern versehen, beobachtet (Taf. II Fig. 19), dagegen feste Scheidewände nur einmal und zwar an einer Stelle, wo sie sonst nicht auftreten (Fig. 20), wahrgenommen. Häufig erscheinen, nachdem im unteren Theile des Embryosacks eine Theilung des Inhalts in Portionen um je einen Zellkern erfolgt ist, auch weiter aufwärts Zellkerne in regelmässigen Abständen von einander (Fig. 19), welche ihrerseits wahrscheinlich durch wiederholte Theilung entstanden sind. Die Stärkmehlkörner, welche vor dem Beginne der Endospermbildung im Embryosack vorhanden waren, verschwinden, sobald sich der erste (primäre) Zellkern zu theilen anschickt, was eine Bestätigung meiner früheren Beobachtungen über die Unverträglichkeit des Stärkmehls mit der Neubildung von Zellen gewährt. Henfry, welcher Gelegenheit hatte, auch spätere Zustände befruchteter Blüthen bis zur Reife der Früchte zu untersuchen, sah wiederholt wagrechte Theilungen im befruchteten Keimbläschen auftreten. Die obersten so entstandenen Zellen blieben dann unverändert und wurden zum kurzen cylindrischen Embryoträger, während sich aus den unteren Zellen durch wiederholte Zellentheilung ein länglich-keulenförmiger Körper, die Achse des jungen Embryo bildete, an deren freiem Ende später die Samenlappen hervortraten. Die Bildung des Endosperms im freien Schenkel des Embryosacks beginnt auch nach ihm im unteren Theile, wo zuerst eine Längsreihe von Mutterzellen auftritt. Diese bilden dann ihrerseits durch senkrechte Theilung neue Zellen u. s. w. Der bis dahin schlauchförmige Embryosack schwillt darauf an und wird in ein dünnwandiges mit Protoplasma und feinkörnigem Stärkmehl erfülltes Endospermgewebe verwandelt, welches die Keimanlage umgiebt. Dagegen ist der noch in dem Nucleus der Samenknospe verborgene Embryosackschenkel schlauchförmig geblieben, hat sich im Gewebe des Knospenträgers weiter entwickelt und vielfach Verzweigungen ausgeschickt, aber in seinem Innern keine Zellen gebildet; sein Inhalt besteht nach Henfry aus einem braungefärbten körnigen Protoplasma. Die weitere Ausbildung des Endosperms im sich ausbildenden Samen verdrängt dann alle übrigen Theile in der Fruchtknotenhöhle; der Samenträger und mit ihm die beiden anderen noch an ihm hängenden sich nicht zu Samen ausbildenden Samenknospen werden bei Seite geschoben und vertrocknen (Fig. 51 u. 52), und in der reifen Frucht ist selbst die innere Gewebsschicht der Fruchtknotenwand (Endocarpium, Fig. 52 d),

welche sich schon bald nach der Befruchtung zu bilden beginnt, vom Sameneiweiss verzehrt worden, so dass der hüllenlose, nur aus letzterem und dem Keime bestehende Same unmittelbar von der holzigen Mittelschicht (Mesocarpium) des Fruchtknotens umschlossen ist, die selbst wieder von einer dünnen saftigen Aussenschicht (Epicarpium) bedeckt wird (Fig. 53). Der Endospermkörper ist hüllenlos, die Membran des vormaligen Embryosacks verschwunden, nur braune häutige Schuppen, die Ueberreste der abgestorbenen Innenschicht der Fruchtknotenwand bedecken denselben. Der ausgebildete gerade cylindrische Keim liegt etwas ausserhalb der Achse des Sameneiweisses mit seinem Wurzelende der Fruchtspitze zugewendet (Fig. 54).

Wenn wir jetzt Santalum album mit unseren Thesium-Arten vergleichen, so finden wir bei grossen Uebereinstimmungen im Blüthenbau und in der Entwickelungsweise des Samens auch wieder sehr wesentliche Abweichungen. Der Fruchtknoten von Thesium und dessen drei Samenknospen sind wie bei Santalum gebaut, der Embryosack tritt ebenfalls aus dem nackten Nucleus hervor, allein dies geschieht erst nach der Befruchtung, wenn bereits in ihm Endosperm gebildet ist. Der eigentliche Befruchtungsvorgang entzieht sich nach meinen neueren Untersuchungen vom Jahre 1858 fast vollständig der Beobachtung, woraus sich auch meine frühere irrige Annahme der Keimbildung im Pollenschlauch erklärt. Dass aber selbst Hofmeister, obschon er meine Untersuchungen aus dem Jahre 1848 aufs bitterste tadelt, keine klare Anschauung der Keimbläschen gehabt, glaube ich nach meinen späteren vergeblichen Bemühungen, mir dieselbe für Thesium intermedium zu verschaffen, einerseits und aus seiner unvollständigen Darstellung derselben andererseits annehmen zu dürfen [1]). Da nämlich bei Santalum ein Fadenapparat von hoher Entwickelung gefunden wird, dürfte derselbe auch bei Thesium, sobald die Keimbläschen deutlich gesehen wurden, schwerlich vermisst werden [2]). So günstig als Santalum für die Befruchtungsfrage, ebenso ungünstig erweist sich Thesium.

Was endlich die Befruchtungsfrage selbst betrifft, so erhellt aus den ausführlich und gewissenhaft beschriebenen Beobachtungen und den zu ihrer Unterstützung mit grösster Sorgfalt bildlich wiederge-

---

1) Die Lage des befruchteten Keimbläschens stimmt nach meinen späteren Untersuchungen ganz mit Hofmeister überein; die unbefruchteten Keimbläschen konnte ich dagegen niemals mit hinreichender Deutlichkeit wahrnehmen.

2) Hofmeister in Pringsheim's Jahrbüchern Bd. I S. 112. Ferner Embryobildung I S. 566.

gebenen grossen Reihen dargestellter und von mir aufbewahrter Präparate Folgendes:

1) Bei Santalum album erfolgt die Bildung der Keimbläschen in der Embryosackspitze erst spät, wenn der freie Embryosackschenkel beinahe ausgewachsen ist, und ist wahrscheinlich schnell beendigt; es liesse sich sonst nicht wohl erklären, warum so selten jugendliche Zustände der Keimbläschen gefunden werden.

2) Die Keimbläschen bestehen aus einer oberen und einer unteren Hälfte; die obere, kleinere entwickelt eine Zellstoffausscheidung von streifenartigem Bau, gleichsam aus zahlreichen Zellstofffäden zusammengesetzt, die an der stumpfendigenden Spitze des Keimbläschens zu einer glänzenden Masse von weichem schleimigen Aussehen verschmolzen sind; diese Zellstoffausscheidung der oberen Hälfte des Keimbläschens bildet den Fadenapparat. Der unteren grösseren Hälfte des Keimbläschens fehlt jede Zellstoffumhüllung, sie besteht aus einer länglich-birnförmigen, wahrscheinlich im frischen Zustande von einer Hautschicht glatt umgrenzten Protoplasmamasse, in der ein Zellkern liegt. Diese untere Hälfte des Keimbläschens bildet die Protoplasma- oder Befruchtungskugel. Der Uebergang vom Fadenapparat zur Protoplasmakugel ist ein directer, das körnige Protoplasma der letzteren erstreckt sich weiter aufwärts in den Fadenapparat und zwischen dessen Zellstofffäden. Hofmeister's gegentheilige Behauptungen, nach welchen der Fadenapparat anfänglich durch faserige Zellstoffablagerungen auf der äusseren Seite des Embryosackscheitels entstanden[1]), später aber eine Cuticularbildung des Embryosackscheitels sein soll[2]), bedürfen keiner Widerlegung. Der Fadenapparat ist, wie sich bei Santalum, Gladiolus, Crocus und Watsonia zweifellos nachweisen lässt, ein Theil des Keimbläschens selbst und wahrscheinlich überall vorhanden, nur nicht überall in gleichem Grade ausgebildet.

3) Die abgerundete glänzende Spitze der beiden dicht neben einander liegenden Fadenapparate zweier Keimbläschen sieht, wenn sie vollständig ausgebildet und zur Befruchtung geschickt sind, frei aus der Membran des Embryosacks hervor, weil über ihr, und wahrscheinlich durch ihre Einwirkung, die Membran an dieser Stelle resorbirt wurde. Der Pollenschlauch tritt deshalb mit dem Fadenapparat der Keimbläschen in unmittelbare und sehr innige Berührung. —

1) Hofmeister in der Bonplandia 1856, in Pringsheim's Jahrbüchern Bd. I S. 168.

2) Hofmeister, neue Beiträge zur Embryobildung II, S. 681.

(Es wird mir überdies, bei der Auflockerung der Pollenschlauchmembran und bei ihrer festen Verbindung mit dem Fadenapparat, wahrscheinlich, dass die Vermischung des Pollenschlauchinhaltes mit dem Inhalte der Protoplasmakugel nicht auf dem Wege der Diosmose, vielmehr direct erfolgt, und dass der Fadenapparat als Vermittler dieser Vermischung dient [1]).)

4) Es können beide Keimbläschen durch denselben Pollenschlauch befruchtet werden. Als erstes Zeichen der Befruchtung erscheint die Zellstoffmembran um die bis dahin nur von einer Hautschicht umhüllte Protoplasmakugel. Es kann aber auch, unter scheinbar gleichen Verhältnissen, nur das eine der Keimbläschen befruchtet werden. In beiden Fällen wird wieder nur eines zum Keime ausgebildet; wahrscheinlich aus Mangel der Nahrung zur Ausbildung beider.

5) Bald nach geschehener Befruchtung entsteht in der Spitze des Embryosacks, ganz in normaler Weise vom Umkreis des letzteren ausgehend, eine wagrechte Zellstoffscheidewand, welche zwischen Fadenapparat und Protoplasmakugel eindringt und beide von einander trennt. Die Fadenapparate vertrocknen mit dem über der Scheidewand liegenden Theile der Embryosackspitze; die sich zum Keim ausbildende Protoplasmakugel dagegen hängt an der entstandenen Scheidewand und ist mit ihr organisch verbunden; sie wird durch das sich nunmehr bildende Endosperm ernährt. Die Befestigungsweise der sich zum Keim ausbildenden Protoplasmakugel an der Wand des Embryosacks ist wenigstens für Pflanzen mit kurzem Embryoträger bisher noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Sie wird wahrscheinlich auch bei anderen Pflanzen in gleicher Art als bei Santalum erfolgen, wobei auch die spätere Trennung des Fadenapparates und dessen Absterben seine Erklärung findet; doch möchte sich dieser Vorgang kaum bei anderen Pflanzen mit derselben Sicherheit als hier wahrnehmen lassen [2]).

---

1) Es möchte Hofmeister sehr schwer werden, den Beweis zu führen, dass der Fadenapparat zur Befruchtung überflüssig wäre. Dass bei Gladiolus, Crocus und Watsonia der Pollenschlauch zwischen den beiden Fadenapparaten bis zur Protoplasmakugel hinabsteigt, beweist noch keinesweges, dass er an letztere direct den befruchtenden Stoff abgeben müsse; diese Abgabe kann auch ebensowohl bei der Berührung mit dem Fadenapparat und durch denselben erfolgen. So lange noch das Wesen des Fadenapparates von Hofmeister verkannt wird, darf man freilich auch nicht erwarten, dass er dessen Bedeutung richtig beurtheile.

2) Ein Vergleich meiner älteren Präparate von Gladiolus unterstützt diese Vermuthung. Das scheinbare Herabsinken des sich zum Keim ausbildenden Keimbläschens

6) Da Fadenapparat und Protoplasmakugel zuerst mit einander das unbefruchtete Keimbläschen bilden, so wird durch die Befruchtung mittelst des Pollenschlauchs nicht das ganze Keimbläschen zur Bildung des Keimes verwendet; der Fadenapparat stirbt ab, nachdem er seinen Zweck erfüllt hat, die Protoplasmakugel dagegen wird zur ersten Zelle der Keimanlage, sie theilt sich in zwei ungleiche Zellen, deren obere zum Träger wird, während die untere die eigentliche Ur-Mutterzelle des Keimes bildet.

Erklärung der Abbildungen.

Die mikroskopischen Figuren sind mit der Camera lucida gezeichnet und genau nach den betreffenden und meistens zur Vergleichung aufbewahrten Präparaten ausgeführt. Zur Untersuchung wurde ein vortreffliches Mikroskop von Zeiss in Jena benutzt. Die Vergrösserung ist neben den Figuren angegeben.

Taf. I.

Fig. 1. Ein Blüthenstand von Santalum album in natürlicher Grösse.

Fig. 2. Ein Längsschnitt aus der Mitte einer bald aufbrechenden Knospe. sep. Kelchblatt. anth. Staubblatt. germ. Fruchtknoten. styl. Staubweg. stigma Narbe.

Fig. 3. Ein Querschnitt aus solcher Knospe in der Höhe von I der vorigen Figur ausgeführt und mit denselben Bezeichnungen.

Fig. 4. Ein Querschnitt durch dieselbe Knospe bei II der Fig. 2 entnommen. pet. Blumenblatt, die übrigen Bezeichnungen wie vorhin.

Fig. 5. Ein Querschnitt durch dieselbe Knospe bei III der Fig. 2 ausgeführt. der röhrenförmige Discus. germ. die Fruchtknotenwand. sperm. der Samenträger.

Fig. 6. Ein Querschnitt durch dieselbe Knospe bei IV der Fig. 2 ausgeführt. germ. und sperm. wie in der vorigen Figur. gemm. die Samenknospe.

Fig. 7. Eine noch geschlossene Knospe.

Fig. 8. Eine offene Blüthe.

Fig. 8[I]. Eine solche im Längsschnitt, die Bezeichnungen wie oben.

Fig. 9. Ein Blumenblatt (pet.) und ein Staubblatt (anth.) neben einander stehend, aus der noch geschlossenen Blüthe.

Fig. 10. Eine befruchtete Blüthe, deren Fruchtknoten schon etwas geschwollen und wo der Discus mit den von ihm getragenen drei Blattkreisen bereits abgefallen ist.

Fig. 11. a und b Pollenkörner unter Wasser gesehen, a zeigt die drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch in der Exine, b hat bereits einen Schlauch getrieben.

Fig. 12. Narbenpapillen, auf denen zwei Pollenkörner liegen (x), deren eines einen Schlauch getrieben hat.

---

erklärt sich durch eine Verlängerung des Basaltheils, der auch bei Santalum den kugelig angeschwollenen, sich zur Keimanlage ausbildenden, Theil des Keimbläschens allmählig tiefer abwärts führt.

Fig. 13. Der Samenträger eines Fruchtknotens zur Blüthezeit im Längsschnitt, mehrere Pollenschläuche haften an seiner Spitze. Die beiden freien Schenkel des Embryosacks der zwei auf dem Präparat vorhandenen Samenknospen (gemm.) sind an dem Samenträger emporgestiegen, rechts ist der Embryosack mittelst der Nadeln von demselben abgelöst; man sieht ausserdem den in der Samenknospe steckenden Schenkel des Embryosacks und neben demselben ein zartes Gefässbündel vom centralen Bündel des Samenträgers abbiegend.

Fig. 14. Ein Querschnitt durch den unteren Theil des Samenträgers mit seinen drei Samenknospen (gemm.). Im Samenträger liegt ein centrales Gefässbündel, ebenso in jeder Samenknospe.

Fig. 15. Ein Querschnitt durch den Staubweg in der Höhe von II der Figur 2. Der Staubwegkanal erscheint weit und dreikantig, er ist von papillösen Oberhautzellen umgrenzt.

Fig. 16. Eine jugendliche Samenknospe, aus welcher der Embryosack kürzlich hervorgetreten.

Fig. 17. Der Embryosack einer ebenso jungen Samenknospe freipräparirt, b der in der Samenknospe gelegene, a der freie Schenkel des Embryosacks.

Fig. 18. Haare, welche in Büscheln aufrecht hinter jedem Staubblatt stehen und sich beim Oeffnen der Blüthe theilweise gegen den Staubweg richten. (Vgl. Fig. 2 u. 8.)

Taf. II.

Fig. 19. Ein Embryosack zur Zeit der Befruchtung, aus einer geöffneten Blüthe, bis auf einen kleinen Theil aus dem Gewebe der Samenknospe freipräparirt. b der vom Gewebe der letzteren bedeckt gewesene, a der freie Schenkel. Im Grunde des letzteren die Bildung der ersten Mutterzellen für das Sameneiweiss.

Fig. 20. Ein Embryosack mit einer aussergewöhnlichen Bildung der ersten Mutterzellen für das Sameneiweiss.

Fig. 21. Ein Embryosack mit zwei freien Schenkeln von gleicher Länge.

Fig. 22. Ein anderer mit zwei kürzeren und einem ausgewachsenen freien Schenkel.

Fig. 23. Ein junger Embryosack mit zwei freien Schenkeln.

Fig. 24. Ein Embryosack, dessen freier Schenkel sich nach abwärts verzweigt hat.

Fig. 25. Das Ende des freien Embryosackschenkels aus einer Blüthenknospe, kurz vor dem Aufblühen.

Fig. 26. Ein Embryosack, dessen freier Schenkel über sein organisches Ende, in dem die Keimbläschen liegen, hinaus noch einen langen Seitenast gebildet hat.

Fig. 27. Die beiden Keimbläschen aus voriger Figur stärker vergrössert.

Fig. 28. Die Spitze eines jungen Embryosacks mit zwei eben angelegten Keimbläschen.

Fig. 29. Die Spitze zweier Embryosäcke, die beide noch unbefruchtet sind. In dem rechts gelegenen ist das eine Keimbläschen zu einer fettglänzenden etwas körnigen Masse verschrumpft und das andere noch nicht vollständig ausgebildet. In dem links gelegenen Embryosack sind beide Keimbläschen fertig, die Protoplasmakugel derselben übrigens stark zusammengeschrumpft.

Fig. 30 zeigt das noch unfertige Keimbläschen der vorigen Figur dei stärkerer Vergrösserung; Fadenapparat und Protoplasmakugel lassen sich schon hier deutlich unterscheiden.

Taf. III.

Fig. 31. Die Spitze eines unbefruchteten Embryosacks. Der Fadenapparat des Keimbläschens ist sehr schön ausgebildet, die Protoplasmakugel dagegen zerflossen.

Fig. 32. Ein ähnliches Präparat. Die Protoplasmakugel der beiden Keimbläschen erscheint in dieser und der folgenden Figur mehr als gewöhnlich verlängert. Die Wand des Embryosacks ist stark verdickt.

Fig. 33. Ein anderes Präparat aus derselben Blüthe. Die Protoplasmamembran, welche die Protoplasmakugel umgrenzt, erscheint körnig.

Fig. 34. Ein ähnliches Präparat nach kurzer Einwirkung verdünnter Aetzkalilösung. In den birnförmigen Protoplasmakugeln werden erhärtete Protoplasmaströme sichtbar.

Fig. 35. Ein ähnliches Präparat, ebenfalls mit verdünnter Kalilösung behandelt. Die Protoplasmakugel erscheint körniger und ist deshalb der Zellkern nicht sichtbar.

Fig. 36. Eine unbefruchtete Embryosackspitze nach kurzer Behandlung mit Aetzkalilösung. In jeder der beiden birnförmigen Protoplasmakugeln ist ein Zellkern sichtbar. y anhängende Zellen vom Samenträger (spermophorum).

Fig. 37. Eine unbefruchtete Embryosackspitze, so gewendet, dass man von oben auf dieselbe blickt, so dass die beiden Stellen, wo die Fadenapparate liegen und die Membran des Embryosacks resorbirt ist, als kreisförmige Löcher erscheinen (x).

Fig. 38. Die Spitze eines kürzlich befruchteten Embryosacks nach kurzer Einwirkung mit Kalilösung. Zwei Pollenschläuche am Embryosack. Nur ein Keimbläschen ist befruchtet.

Fig. 39. Die Spitze eines unbefruchteten Embryosacks nach kurzer Behandlung mit Kalilösung. Ein seitlich entstandener Ast des Embryosacks verlängert sich aufwärts.

Fig. 40. Die Spitze eines Embryosacks, an welche erst kürzlich ein Pollenschlauch getreten, beide Protoplasmakugeln des Keimbläschens noch ohne Zellstoffmembran.

Fig. 41. Eine ebenfalls kürzlich befruchtete Embryosackspitze. Die beiden Keimbläschen wie bei der vorhergehenden Figur in seitlicher, nicht normaler Lage. Die Protoplasmakugel der Keimbläschen ist schon von einer Zellstoffmembran umkleidet.

Fig. 42. Eine normale ganz kürzlich befruchtete Embryosackspitze. Die Protoplasmakugel beider Keimbläschen noch ohne Zellstoffmembran.

Fig. 43. Eine Embryosackspitze, an welche drei Pollenschläuche getreten, nach kurzer Einwirkung von Aetzkalilösung. Nur eines der Keimbläschen ist seit kurzem befruchtet. z die Protoplasmakugel des nicht befruchteten Keimbläschens.

Fig. 44. Ein ähnliches Präparat. Beide Keimbläschen sind befruchtet, das grössere zur Keimanlage werdende enthält bereits zwei Zellkerne.

Taf. IV.

Fig. 45. Ein ähnlicher aber etwas jüngerer Zustand; beide Keimbläschen sind befruchtet und noch auf fast gleicher Entwickelungsstufe. Das Präparat wurde mit Chlorzinkjodlösung behandelt, welche den Fadenapparat und die Zellstoffmembran violett, den körnigen Zellinhalt gelb und die aufquellenden Stärkmehlkörner blau färbte.

Fig. 46. Eine Embryosackspitze mit zwei befruchteten Keimbläschen, deren eines schon grösser als das andere ist.

Fig. 47. Ein schon etwas weiter entwickelter Zustand. Die Spitze des Embryo-

sacks erscheint unterhalb des Fadenapparats durch eine hier entstandene wagrechte Scheidewand wie abgeschnitten; an der letzteren hängt das sich zum Keime ausbildende Keimbläschen.

Fig. 48. Ein ähnliches Präparat. Die befruchtete und zum Keim auswachsende Protoplasmakugel enthält Stärkmehlkörner, ein Fall, der selten vorkommt.

Fig. 49. Eine Embryosackspitze mit zwei befruchteten Keimbläschen.

Fig. 50. Ein ähnliches Präparat wie Fig. 47, auch aus derselben Blüthe genommen. Die Scheidewand und die an ihr hängende Anlage zum Keime ist hier noch deutlicher sichtbar. In der letzteren sind zwei durch Theilung entstandene Zellkerne [1]) sichtbar. z die Protoplasmakugel des nicht befruchteten Keimbläschens.

Fig. 51. Das Sameneiweiss einer noch nicht halbreifen Samenknospe. em die schwach durchscheinende Keimanlage. a das eine Ende des im Gewebe der Samenknospe steckenden, nicht mit Zellen erfüllten Embryosackschenkels. b dessen anderes Ende, von dem Gewebe des Samenträgers entblösst. Der obere Theil des Samenträgers (sperm.) mit einer Samenknospe (nc).

Fig. 52. Eine halbreife Frucht. edsp der Sameneiweisskörper der zum Samen auswachsenden Samenknospe. sperm. der Samenträger. d die innere Gewebeschicht der Fruchtknotenwand (Endocarpium). c die äussere und mittlere Schicht derselben (Meso- und Epicarpium), später f und g der Figur 53 bildend.

Fig. 53. Längsdurchschnitt einer reifen Frucht. f die mittlere holzig gewordene Schicht der Fruchtknotenwand (mesocarpium). g die saftig bleibende äussere Schicht derselben (epicarpium). endsp das Sameneiweiss der Samenknospe, em deren Keim.

Fig. 54. Der aus der reifen Frucht isolirte gerade Keim [2]) mit zwei Samenlappen.

---

1) Die abgerundete und glänzende, weichere klebrige Spitze des Fadenapparats sieht frei aus der Spitze des Embryosacks hervor in den Figuren 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50, desgleichen in zahlreichen anderen, theils von mir gezeichneten, theils nur aufbewahrten Präparaten. Auf Fig. 31 scheint die Membran des Embryosacks über den Fadenapparaten noch nicht vollständig resorbirt zu sein, und bei Fig. 44 verdecken anhängende zerrissene Zellwände des Samenträgers die Spitze des Embryosacks. Die Bildung der wagrechten Scheidewand in der Spitze des befruchteten Embryosacks ist sichtbar in den Figuren 38, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50. Der Pollenschlauch drängt sich zwischen die beiden Fadenapparate in den Figuren 38, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49 u. 50 und bei zahlreichen anderen hier nicht abgebildeten Präparaten.

2) Die Figuren 51 bis 54 sind, weil mir die späteren Zustände der Fruchtbildung fehlten, nach Henfry copirt.

Bonn, den 29. März 1864.

Zur vergleichenden Anatomie der Coniferen-Laubblätter

von

Dr. phil. **Friedrich Thomas.**

Wenn wir mit Recht von einem natürlichen Systeme verlangen, dass die in demselben zu Gruppen vereinigten Pflanzen nicht bloss in gewissen willkürlich ausgewählten, sogenannten wesentlichen Merkmalen mit einander übereinstimmen, sondern in mehrweniger allen Beziehungen nach einem gemeinsamen Plane gebaut sind, — so steht es von vornherein von einer so wohl charakterisirten Familie, wie die der Nadelhölzer ist, zu erwarten, dass sich ihre Natürlichkeit auch in den sog. unwesentlichen Merkmalen, in ihren vegetativen Organen, beweise.

Wir werden sehen, welch grosse Uebereinstimmung die Anatomie der Laubblätter der verschiedenen Coniferen zeigt. Die Gnetaceen, deren Stellung zu den Coniferen sehr zweifelhaft, schliessen wir von vornherein von unseren Untersuchungen aus. Wir nehmen dann, uns in der Systematik an Carrière (Traité général des Conifères. Paris 1855) anschliessend, die Ordnungen der I. Cupressineen und Sequoieen, II. Abietineen und Araucarieen, III. Podocarpeen und IV. Taxineen an.

Die Gesammtzahl der von uns aus diesen Ordnungen untersuchten Nadelhölzer beträgt ungefähr 130 Arten, welche wir zum grössten Theil der reichhaltigen Coniferen-Sammlung des königl. botanischen Gartens zu Berlin entnahmen.

Ein gewichtiges Hülfsmittel für die Aufsuchung des Allgemeinen und Typischen bietet die Verschiedenheit der Blätter vieler Coniferen an jungen und alten Exemplaren (z. B. Callitris, Frenela, Cryptomeria). Um so seltener sind aber wirkliche Missbildungen. Nur in

einem einzigen Falle wurde eine Verwachsung zweier Coniferen-Blätter beobachtet (bei Abies Nordmanniana). Die stielrunden Nadeln von Pinus monophylla Torr. und Frem. deutete man zeither irrthümlich als durch Verwachsung der zwei oder drei im Büschel zusammenstehenden (Carrière a. a. O. pag. 406 f.) gebildet. Das einfache Leitbündel derselben, welches ein deutliches Oben und Unten unterscheiden lässt, sowie die Stellung der Harzgänge lassen keinen Zweifel, dass man es hier mit einer einzigen, allein zur Entwickelung gekommenen Nadel zu thun hat.

Für die Frage nach dem morphologischen Charakter der Coniferen-Laubblätter führt die Anatomie zu widersprechenden Resultaten. Die ein- (und zwei-) nervigen Nadeln der Pinus L., der Sequoieen, Podocarpeen und Taxineen sind den Blattstielen der Salisburia zu vergleichen, — während die Differenzirung ihres Parenchyms den Charakter der Blattspreite trägt. Die schuppenförmigen Blätter der Araucarieen und Cupressineen tragen wesentlich den Charakter der Blattscheide. — Wir sehen von einer solchen Sonderung ab, und lassen uns in Nachfolgendem durch die anatomischen Gesichtspunkte leiten, indem wir die einzelnen Gewebstheile des Coniferen-Blattes nach einander betrachten. In dem Abschnitt, der von der Oberhaut handelt, konnten wir von der Vertheilung und dem Bau der Spaltöffnungen absehen, da wir den Arbeiten Zuccarini's (Zur Morphologie der Coniferen. Abhandl. der königl. bairisch. Akademie 1843) und Hildebrand's (Bau der Coniferenspaltöffnungen etc. Bot. Zeit. 1860 S. 149 ff.) über diesen Gegenstand nichts Wesentliches zuzufügen haben.

Die Oberhaut.

Die Oberhaut der Coniferen-Blätter ist mit den unter ihr liegenden Gewebsschichten so fest verwachsen, dass es nicht möglich ist, sie abzuziehen.

Für die Gewinnung von Flächenansichten ist man daher stets auf die Anfertigung dünner Oberflächenschnitte angewiesen.

Die Zellen der Oberhaut sind langgestreckt in der Längsrichtung des Blattes, meist flach und gewöhnlich nach aussen einseitig verdickt. — Das Verhältniss der Breite zur Länge der Zellen schwankt dabei zwischen weiten Grenzen. Es findet sich z. B. im Durchschnitt wie 1 : 1½ bei Cephalotaxus Fortunei und Saxe-Gothaea conspicua, 1 : 2 bis 1 : 5 bei Chamaecyparis Nutkaënsis, 1 : 3 bis 1 : 9 an

jungen Exemplaren von Widdringtonia, 1 : 40 bei Torreya nucifera. Die in den Spaltöffnungsstreifen gelegenen Zellen sind stets weniger langgestreckt oder so lang als breit (Torreya nucifera). Die Blattnerven, über denen bei anderen Phanerogamen die Oberhautzellen besonders langgestreckt sind, üben bei den Coniferennadeln keinen Einfluss, auch nicht, wenn sie, wie z. B. der einzige Mittelnerv bei Podocarpus macrophylla, rippenartig vorstehen; wohl aber bewirken sehr oberflächlich gelegene Harzgänge (Picea) zuweilen derartige Veränderungen.

Die Höhe der Oberhautzellen, d. h. ihr Durchmesser senkrecht zur Oberfläche des Blattes, ist ebenfalls schwankend. Während dieselbe bei der Mehrzahl der Coniferen nicht den Breitendurchmesser erreicht, haben Torreya und die Nadeln der meisten Pinus mit zweizähligen Büscheln im Querschnitt quadratische Oberhautzellen, oder die Höhe überwiegt sogar die Breite (Pinus Pinaster 1 : $1\frac{1}{2}$; P. Pumilio 1 : 2) [1]).

Eine derartige überwiegende Ausbildung der Oberhautzellen in der Richtung senkrecht zur Fläche findet sich aber auch ausserdem in der stielartigen Zusammenziehung des Blattes am Blattgrunde, z. B. bei Taxus baccata und var., Pinus Strobus u. a., deren Oberhautzellen in der mittleren Blatthöhe flach gefunden werden.

Nur zwei Gattungen unter den Coniferen zeigen bastartig verdickte Oberhautzellen, d. i. Pinus (an den in Büscheln stehenden Nadeln) und Torreya. Bei sämtlichen übrigen Coniferen sind die Oberhautzellen schwach, nur der nach aussen gewandte Theil ihrer Zellwand stark verdickt.

Die Verdickungsschichten sind meist von zahlreichen Porenkanälen durchsetzt; und zwar theils seitlichen, nach den Nachbarzellen gerichteten, theils senkrecht auf die Oberfläche nach aussen verlaufenden. Während es sonst fast allgemein richtig ist, dass die Porenkanäle benachbarter Zellen sich entsprechen, einander entgegenlaufen, bietet bekanntlich die Oberhaut die meisten Ausnahmen von dieser Regel dar, und grade an den Coniferen (an Abies) wurden nach aussen gerichtete Porenkanäle zuerst bemerkt. (Schleiden, Grundzüge 3. Aufl. I. S. 274.) Dieselben finden sich am reichlichsten bei Abies Apollinis, A. Nordmanniana, A. Cephalonica, A. pectinata. In gleich reichlicher, oder noch grösserer Zahl sind auch uns dieselben sonst nur an Cycadeen (Cycas circinalis) bekannt, —

1) Pinus Pumilio (mit Einschluss alles dessen, was uncinata, Mughus, rotundata genannt worden) ist dadurch sehr bestimmt charakterisirt.

eine der zahlreichen Analogien im Blattbau der beiden Familien der Gymnospermen. — Besonders reichlich entwickelt pflegen die Porenkanäle überhaupt in den zwischen den Spaltöffnungen gelegenen Oberhautzellen zu sein, und so finden sich auch daselbst nach aussen verlaufende Poren bei den Büschelnadeln vieler Pinus (Cembra, Gerardiana, pungens, canariensis).

Die seitlichen Porenkanäle wechseln entweder mit denen der Nachbarzellen ab, oder sind ihnen opponirt. — Jenes ist der bei den Abietineen gewöhnliche Fall. Es geht hiermit eine wellenförmige Biegung der Zellwand Hand in Hand, indem wie bei der Oberhaut der Gräser (vgl. die Abbild. der Oberhaut von Elymus arenarius bei Mohl, vermischt. Schriften Taf. IX Fig. 2) je ein Porenkanal in eine Concavität der Zellwand fällt. Man findet diese Eigenthümlichkeit bei Abies, Picea und den meisten Arten von Pinus; während Larix, Cedrus und die übrigen Coniferen opponirte Porenkanäle zeigen. Letztere sind am reichlichsten entwickelt bei Libocedrus tetragona. Sie stehen bei dieser Art oft dicht genug, um den Zellwänden ein rosenkranzförmiges Ansehen zu geben.

Bei Araucaria Cookii und imbricata var. gracilis kommen opponirte und alternirende Porenkanäle an den Oberhautzellen ein und desselben Blattes zugleich vor.

Den Inhalt der Oberhautzellen bildet gewöhnlich eine farblose Flüssigkeit. Doch findet man die gleichmässig verdickten Oberhautzellen von Pinus zuweilen luftführend. Wir beobachteten dies zuerst an einer Pinus Pumilio des königlichen botanischen Gartens zu Berlin, deren betreffende Nadeln durch jene Eigenschaft ein silbergraues Ansehen erhalten hatten. Die Oberhautzellen waren etwas weniger verdickt, als bei dieser Art normal ist. Das noch freie Lumen hatte ungefähr den halben Durchmesser der gesammten Zelle, und war gänzlich mit Luft erfüllt.

Mit Hülfe starker Vergrösserungen erkannte man kleine, meist senkrecht zur Längsrichtung des Blattes verlaufende Sprünge in der Oberhaut, welche als die Ursache der Verdunstung der Flüssigkeit und ihrer Ersetzung durch Luft zu betrachten sind. Aehnliches findet man häufig an dem unteren Theil der Pinusnadeln, welcher von der Schuppenhülle umschlossen, seine Oberhautzellen nur sehr wenig verdickt, z. B. bei Pinus Pinaster, P. austriaca.

Haare finden sich auf der Oberhaut der Coniferen-Blätter nie. Die einzigen Anhangsorgane sind die fast mikroskopischen Zähne am Blattrande vieler Pinus und bei Cunninghamia; dieselben endigen

zuweilen mit einer freien Spitze, die aber nie mehrzellig, sondern nur eine erweiterte Oberhautzelle ist. Die ein- bis zweizelligen, stark verdickten Haare der Oberseite jüngerer Zweige von Tsuga Brunoniana erstrecken sich nie bis zur Abgliederungsstelle des Blattes.

Es ist hier der wallartigen Erhebungen Erwähnung zu thun, welche sich bei vielen Cupressineen, Taxineen und bei Dammara auf den die Spaltöffnungen umgebenden Zellen finden, und deren einfachste Form uns bei Torreya myristica entgegentritt. An der Unterseite der Blätter zeigt diese Pflanze jederseits zwischen den Spaltöffnungsstreifen und dem Blattrand auf jeder Oberhautzelle einen einfachen continuirlichen kielförmigen Wall. Bei Taxus baccata findet sich die grösste Differenzirung dieser Bildung; auf den zwischen den Spaltöffnungen gelegenen Oberhautzellen erheben sich im Umkreis rundliche Höcker bis zu 10 an der Zahl, in ein bis drei Reihen gestellt und nur selten leistenartig unter einander verschmelzend (vgl. Hildebrand a. a. O.).

Cuticula und Cuticularschichten der Coniferen-Blätter bieten wenig Bemerkenswerthes. Der Cuticula angehörige Streifungen, wie sie unter den Cycadeen, den Blättern der Stangeria paradoxa eigen sind, finden sich bei Coniferennadeln nicht.

Libocedrus Doniana zeigt, besonders deutlich an jungen Zweigen, auf (oder in?) der Cuticula der Blätter Zeichnungen, die bald rundlich, bald rhomboëdrisch, und dann gewöhnlich mit zwei abgestutzten und zwei scharfen Ecken und im Durchmesser von nur $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{300}$ mm., zu 10 bis 30 über jeder Oberhautzelle liegen. An alten Zweigen derselben Art sind die Blätter von krystallinischen Massen kohlensauerer Kalkerde (ähnlich denen auf Blättern gewisser Saxifraga-Arten) bedeckt.

Den Coniferen eigenthümlich sind die Harzabsonderungen auf der Oberfläche der Blätter, welche das weisse Ansehen der Blattgegend hervorbringen, in welcher die Spaltöffnungen stehen. Es ist bekannt, dass nicht alle Coniferen diese Eigenthümlichkeit besitzen. Sie fehlt z. B. vollständig der Gattung Taxus, die ja auch (s. unten) der Harzgänge gänzlich ermangelt. Auch die meisten Podocarpeen zeigen nichts hiervon; P. Bidwilli, laeta und die verwandten lassen noch am ehesten an jungen Trieben die zwei Spaltöffnungs-Streifen der unteren Blattseite weisslich erscheinen; ebenso Saxe-Gothaea conspicua. — Bei Abietineen und Cupressineen ist diese Bildung am auffälligsten; sie erstreckt sich sogar hier zuweilen reifartig über die ganze Oberhaut der Nadeln, denen sie ein graugrünes

Ansehen giebt, wie z. B. an den jungen Sprossen der Pinus Canariensis.

Oberhautschnitte, sowohl aus der Gegend der Spaltöffnungen bei Abietineen und Cupressineen, wie auch von jeder anderen Stelle bei den graugrünen primären Nadeln von Pinus Canariensis zeigen eine im durchfallenden Lichte braune Lage, die völlig amorph, aus ausserordentlich kleinen (bei Libocedrus Doniana $\frac{1}{2000}$ m. im Durchmesser habenden), verschieden gestalteten, rundlichen, oder etwas langgestreckten Massentheilchen gebildet ist.

Schon 1827 gab Link (Abh. der Berlin. Akademie 1827 S. 158) die richtige Deutung des weissen Ansehens der Spaltöffnungs-Streifen. Er sagt: „Die Spaltöffnungen sind von einem Häutchen einer harzähnlichen Masse ganz bedeckt, und man muss, um sie als Spaltöffnungen zu erkennen, erst durch heisses Wasser die Masse schmelzen und auf diese Art entfernen.“ — Dieser Ansicht gegenüber behauptete Zuccarini 1843 (Abh. der Münchener Akad. B. III Abth. III S. 789): „dass das weissliche Ansehen, welches die Spaltöffnungen den Blattstellen geben, nicht von Harzaussonderungen herrühre, ergiebt sich schon daraus, dass diese Färbung durch Weingeist nicht ausgezogen wird.“

Mit Uebergehung der Frage nach der Entstehung dieses weissen Ueberzuges — ob durch Secretion, ob durch Desorganisation von Zellmembran — geben wir kurz die auf obige Controverse bezüglichen Resultate unserer Prüfungen.

Legt man Nadeln z. B. von Abies Nordmanniana oder Tsuga Brunoniana in schwachen Alkohol, so verschwindet, nachdem vollständige Benetzung stattgefunden, das weisse Ansehen; dasselbe kommt aber beim Trocknen der Nadeln wieder zum Vorschein. Es findet eben nur eine Annäherung der Brechungsvermögen der innig gemischten Medien statt; während das äusserst fein vertheilte Harz mit Luft gemengt dem Lichte nicht den Durchgang gestattete, ist dies der Fall, wenn an die Stelle der Luft jener schwache Weingeist getreten. Man würde dasselbe mit Wasser erreichen können, wenn das Wasser das Harz benetzte. — Aus dieser relativen Unlöslichkeit des weissen Ueberzuges in kaltem schwachen Weingeist schloss Zuccarini, dass jener nicht von harzartiger Natur sein könne; und dieser Schluss ist falsch. — Bei Anwendung von absolutem Alkohol und gelinder Erwärmung löst sich der Ueberzug, und nach dem Trocknen erscheinen die betreffenden Stellen grün und nicht mehr weiss. Am schnellsten erreicht man die Lösung des Harzes durch Anwen-

dung von Aether. Es genügt z. B. eine Nadel von Abies Nordmanniana oder Libocedrus Chilensis wenige Secunden lang in Aether zu tauchen, um sie vollkommen von dem weissen Ueberzug zu befreien. (Sehr schwer löslich ist dieses Harz bei Cunninghamia sinensis.) Macht man von einer so behandelten Nadel Oberhautschnitte, so ist unter dem Mikroskop von jener bräunlichen Schicht nichts mehr zu sehen.

Zur Feststellung der chemischen Natur dieses Ueberzuges wurden eine Anzahl Nadeln von Tsuga Brunoniana mit Aether ausgezogen. Das weisse Harz blieb nach Verdunstung des Lösungsmittels zurück, und erschien ebenso wie der Ueberzug der Blätter in genügend dünnen Schichten bei durchfallendem Lichte braun. Aus den Harzgängen des Blattes konnte dabei kein Harz in Lösung gekommen sein, da diese nicht bis zur Abgliederungsstelle des Blattes reichen. — Von Abies Nordmanniana, die durch ihre schneeweissen Streifen ausgezeichnet ist, stellt man das Harz dadurch bequem dar, dass man eine grössere Anzahl junger Seitensprossen nach einander auf kurze Zeit in Aether taucht, und diesen dann der Verdunstung überlässt.

Die beiden so erhaltenen Rückstände hatten in reflectirtem Licht ein rein weisses Ansehen und waren völlig amorph; sie waren leicht löslich in Aether und diese Lösung röthete Lackmuspapier. Das Harz der Tsuga Brunoniana war auch in Alkohol und Terpentinöl leicht löslich. Das aus den Blättern der Ab. Nordm. dargestellte war in kaltem Alkohol, selbst absolutem, schwer löslich, löste sich aber leicht in demselben auf bei Erwärmung bis auf 40° C. — Auf Wasser gebracht, schwamm dieses Harz und schmolz beim Erwärmen noch vor dem Kochpunkt des Wassers, ohne zu Boden zu sinken.

In einem Uhrglas auf dem Wasserbade schwimmend, wurde die weissliche Masse schon bei 55° C. durchsichtig durch beginnende Schmelzung. Aus einer warmen Lösung von wenig Harz in viel absolutem Alkohol wurde jenes durch Zusatz des gleichen Volumens Wasser erst allmählig beim Erkalten der Flüssigkeit ausgeschieden. Auf Platinablech erhitzt, schmilzt es sehr bald und verflüchtigt sich unter Bildung von Zersetzungsprodukten vollständig.

Genauere Untersuchungen über die Constitution des fraglichen Körpers liegen ausserhalb des Bereichs dieser Abhandlung. Zur Rechtfertigung der Link'schen Ansicht gegenüber der Zuccarini'schen genügt Obiges.

Die Schicht stark verdickter Zellen.

Unmittelbar unter der Oberhaut findet sich bei der grossen Mehrzahl der Coniferen eine Schicht chlorophyllleerer, mehr oder weniger stark, oft bastartig verdickter Zellen, deren innige Verbindung mit den Zellen der Oberhaut das Abziehen der letzteren unmöglich macht. Die einzelnen Zellen dieser Schicht sind im Querschnitt rundlich und stark langgestreckt in der Längsrichtung des Blattes; an den Enden laufen sie meist spitz zu. Die Verdickung ihrer Membran gehört zu den letzten auffälligen Veränderungen, die das Blatt in seiner Entwickelung erfährt; sie erfolgt noch einige Zeit lang, nachdem das Blatt schon seine volle Grösse erlangt. — Chlorzinkjodlösung färbt die Zellen gelb oder röthlich.

Der durch diese Zellen gebildete, das Parenchym umhüllende Mantel ist an den Stellen, wo die Spaltöffnungen stehen, unterbrochen. Man findet daselbst statt seiner, je nach dem Bau der Spaltöffnungen (vgl. Hildebrand a. a. O.), entweder die äussere Spaltöffnungsgrube, oder die Schliesszellen, oder die Athemhöhle.

Aber die Schicht ist auch häufig unterbrochen, ohne dass Spaltöffnungen die Ursache sind, indem ihre Ausbildung von der Kräftigkeit des Wachsthums der Nadel abhängt. So fehlt sie meist gänzlich den Cotyledonen und ersten Laubblättern. Während Abies pectinata gewöhnlich eine nur durch die beiden Spaltöffnungsstreifen unterbrochene Schicht bastartig verdickter Zellen zeigt, findet man an weniger kräftigen Nadeln derselben Species diese Schicht vielfach unterbrochen. Andere Coniferen zeigen sie fast nie continuirlich. Bei nadelförmigen Blättern sind die beiden Kanten des Blattes und die Mittellinie der oberen und unteren Fläche diejenigen Stellen, an denen man sie am ehesten entwickelt findet. Die Nadeln erhalten dadurch, mit der Loupe betrachtet, an jenen Stellen einen seidenartigen Glanz, den man leicht für die Wirkung eines Nerven oder eines Harzganges halten kann.

Diese eigenthümliche Zellschicht fehlt gänzlich den Gattungen Taxus und Torreya; wie oben erwähnt, hat letztere statt dessen bastartig verdickte Oberhautzellen. Sie wurde ausserdem stets vermisst bei Tsuga Canadensis, Abies amabilis, Taxodium distichum und Glyptostrobus heterophyllus. Doch steht zu erwarten, dass auch diese letztgenannten Coniferen unter günstigen Umständen dieselbe entwickeln; nicht aber Taxus und Torreya.

Andererseits kann sich auch diese Schicht verdoppeln, was häufig

schon in den Kanten der Blätter, sowie in den stechenden Spitzen geschieht, die Zuccarini (a. a. O. S. 790) fälschlich als durch den Nerv gebildet ansah. Bei Araucaria imbricata besteht diese Schicht regelmässig aus mehreren (bis 5) Lagen bastartig verdickter Zellen. Auch die Büschelnadeln von Pinus zeigen gewöhnlich mehrere (bis 4) solcher Lagen. Da die Oberhautzellen dieser Nadeln allseitig stark verdickt sind, so tritt eine Abweichung ein, die dem gänzlichen Fehlen der verdickten Schicht bei Torreya zu vergleichen ist. Die unmittelbar unter der Oberhaut gelegene, chlorophyllleere Zellschicht ist nämlich bei Pinus sehr schwach verdickt, so dass ihre Zellen dem flüchtigen Blick wie Intercellularräume erscheinen; — und erst die folgenden lassen, gewöhnlich in sich steigerndem Maasse, den Charakter der verdickten Schicht erkennen. Am Grunde der Nadeln von Pinus, in der schuppigen Scheide, tritt mit der Wachsthumsenergie die Verdickung dieser wie der Oberhautzellen zurück.

Es leuchtet ein, dass die verdickte Schicht es vor allem ist, die den Nadeln die derbe Consistenz verleiht; dergestalt, dass man durch das Gefühl schon auf den Grad der Ausbildung derselben schliessen kann. Die oben angeführten Beispiele von Taxus, Tsuga canadensis, Abies amabilis, Taxodium und Glyptostrobus beweisen dies. — Die spät erst vollendete Verdickung erklärt die Weichheit der jungen Coniferennadeln im Mai. — Endlich bedingt wesentlich die verdickte Schicht den grossen Widerstand, welchen die zu Boden gefallenen Blätter unserer Nadelhölzer im Walde der Zerstörung durch die Fäulniss entgegensetzen.

Vergleichend-anatomische Betrachtung der immergrünen, sowie hinfälliger, aber lederartiger, harter Blätter.

Um zu entscheiden, in wie weit das bei den Coniferen so allgemeine Auftreten der Schicht verdickter Zellen dieser Familie eigenthümlich ist, wurden 48 Species immergrüner Blätter verschiedener Familien untersucht. Es ergab sich 1) dass die Coniferen diese Eigenthümlichkeit mit einem grossen Theile der Cycadeen gemein haben; — dass aber die oben beschriebene Entwickelung jener Schicht als den Gymnospermen fast ausschliesslich zukommend zu betrachten ist, und 2) dass die Festigkeit und Dauerhaftigkeit der immergrünen Blätter in keinem wesentlichen Zusammenhange steht mit dem

Auftreten verdickter, chlorophyllleerer Zellen im Parenchym; denn es giebt a) immergrüne Blätter ohne Zellen von der bezeichneten Art, und es finden sich b) derartige Zellen auch bei hinfälligen Blättern.

Zu den immergrünen Blättern, bei denen sich gar keine chlorophyllleeren, verdickten Zellen im Parenchym finden, gehören die von Buxus sempervirens, Laurus canariensis, Oreodaphne foetens, Camphora officinalis, Ilex Cunninghami, Myrtus communis, Callistemon pinifolium (sowie die Phyllocladien von Ruscus aculeatus). Es erhalten die Blätter der genannten Pflanzen ihre Derbheit theils durch die bedeutendere Entwickelung von Cuticula und Cuticularschichten, theils auch nur durch die innigere, dichtere Ineinanderfügung der Blattgewebszellen. Auf der Dichtigkeit des Pallisaden-Parenchyms beruht die leichte Trennbarkeit des Buxusblattes in zwei Lamellen; doch sind grade diese Blätter zugleich durch eine ausserordentliche Dicke der Cuticula und der Cuticularschichten ausgezeichnet.

Bei einer zweiten Reihe immergrüner Blätter stehen die verdickten Zellen in Zusammenhang mit den Blattnerven. Dann gehören sie entweder als Basttheil zum Gefässbündel, oder es sind veränderte Parenchymzellen, die eben nur in der Nähe der Blattnerven unter der Oberhaut sich finden. Jenes ist der Fall bei den Phyllodien vieler Acacia-Arten (abietina, robusta, ruscifolia). Von den in Mehrzahl vorhandenen Gefässbündeln, die diese Phyllodien durchziehen, entwickeln die vier in den Kanten verlaufenden ihren Basttheil stärker als die übrigen, so dass sie das Pallisaden-Parenchym an diesen Stellen verdrängen; gewöhnlich bleiben zwischen den Bastzellen und der Oberhaut noch 1—2 Schichten Parenchymzellen, die dann ohne grünen Inhalt und schwach verdickt erscheinen. — Sehr häufig findet sich die zuletzt bezeichnete Veränderung der Parenchymzellen zwischen Gefässbündel und Oberhaut. Es ist dies die gewöhnliche Ursache des weisslichen Ansehens derjenigen Blattnerven, welche sich nicht kielartig über das Niveau des Blattes erheben (Zamia muricata, Stangeria paradoxa [1])). Bei vorspringenden Nerven findet sich meist eine ähnliche Veränderung der Parenchymzellen, jedoch mit allmähligem Uebergang dieser in gewöhnliche Parenchymzellen.

Eine dritte Reihe immergrüner Blätter besitzt bastartig verdickte und gewöhnlich verzweigte Zellen zerstreut im Parenchym, z. B. Olea

1) Es ist interessant, dass diese Pflanze, die einzige Gymnosperme mit Taeniopteris-Nervatur, auch in den welligen Wänden der Oberhautzellen mit den Farn übereinstimmt, welche Eigenthümlichkeit ihr ebenfalls unter den Cycadeen allein zukommt.

europaea, emarginata, fragrans. (Von Pflanzen mit hinfälligen Blättern würde Nymphaea alba hierher zu zählen sein.) Bei Olea fragrans haben sie vielleicht die zierlichste Ausbildung, die sie erhalten können. Sie erstrecken sich hier meist unverzweigt senkrecht zur Fläche quer durch das ganze Blatt hindurch und verzweigen sich an der oberen wie an der unteren Oberhaut mehrweniger fussförmig, so dass sie säulenartig die beiden Oberhäute mit einander verbinden. — Die Gattung Hakea (nitida, ceratophylla, pectinata, salisburioides) verdankt die grosse Derbheit ihrer Blätter zum Theil auch starkverdickten Zellen, für deren eigenthümliche Lage uns kein Analogon aus anderen Pflanzenfamilien bekannt ist. Dieselben entsprechen nämlich in ihrer Stellung und, da sie häufig unverzweigt, auch in ihrer Gestalt vollkommen den Zellen des Pallisaden-Parenchyms, zwischen denen sie vorkommen. (vgl. Schacht Lehrbuch II S. 119 und Schleiden Grundzüge 3. Aufl. I S. 277 Fig. 80.)

Es bleibt noch übrig der vierte Fall, welcher der dem Vorkommen der verdickten Schicht bei den Coniferen nächstverwandte ist. Ein oder mehrere unmittelbar unter der Oberhaut des Blattes gelegene Zellschichten sind chlorophyllleer und mehr oder weniger verdickt. Dieser häufigst auftretende Fall ist zugleich der am längsten beobachtete. Schon Treviranus (Physiologie 1835 I S. 450) führt Musa, Canna, Cactus phyllanthoides, Begonia, Piper, Tradescantia als Beispiele hierfür an. Meyen (Phytotomie 1830 S. 114) fügte ihnen Urania speciosa, Maranta Zebrina, Ficus elastica, Pandanus odoratissimus, — Brongniart (Recherches sur la structure et sur les fonctions des feuilles 1830. Annales des Sciences nat. T. XXI Pl. 10 Fig. 1, 2 et 4) die Rochea falcata, — Schleiden (Grundzüge 3. Aufl. I S. 337 Fig. 98) Dipsacus fullonum, Banksia u. a., — Schacht (Lehrbuch I S. 274) Hechtia und Tillandsia fasciata zu. Man kann die Zahl dieser Beispiele, unter denen, wie man sieht, auch Pflanzen mit hinfälligen Blättern, unschwer noch bedeutend vermehren. Von immergrünen Blättern führe ich nur an als Beispiele für das Vorkommen einer Schicht von Zellen der beschriebenen Art unter der Oberhaut der Oberseite des Blattes: Ilex Aquifolium, I. Calamistra, I. balearica, Quercus glabra, Mahonia Fortunei. — Ein- bis mehrfach ist diese Schicht bei Rosmarinus officinalis, Cassine Maurocenia, Casuarina Fraseriana, C. torulosa und den Cycadeen-Gattungen Cycas, Dioon und Encephalartos. Die Gattungen Zamia und Stangeria wurden schon oben in der zweiten Reihe erwähnt. Ceratozamia mexicana verhält sich unter den Cycadeen wie die Gat-

tung Torreya unter den Coniferen; sie hat allseitig gleich stark verdickte, wenn auch nicht bastartige Oberhautzellen und keine Schicht verdickter Zellen darunter; ausserdem aber zahlreiche, längsverlaufende Bastzellen im Parenchym. (s. unten.)

Bei der Mehrzahl der für diesen vierten Fall des Auftretens chlorophyllleerer verdickter Zellen im Parenchym immergrüner Blätter angeführten Beispiele erreicht die Verdickung der betreffenden Zellen nicht den Grad, der den Coniferen eigenthümlich; oder die Zellen sind durch geringere Längsstreckung von denen der Gymnospermen wesentlich verschieden; so dass man schon nach der Ausbildung dieser Zellschicht allein eine Coniferennadel mit ziemlicher Sicherheit von ähnlichen Blattgebilden unterscheiden kann.

Die Deutung der Schicht verdickter Zellen.

Wir müssen schliesslich noch mit einigen Worten des nutzlosen Streites gedenken, in welchem die älteren Phytotomen bei der Deutung dieser Zellschichten sich befanden. F. Bauer (Tracts relative to botany. London 1805) stellte zuerst die Ansicht auf, dass derartige Schichten als zur Oberhaut gehörig zu betrachten seien, und dass man darnach Oberhäute aus einer oder mehreren Zellschichten zu unterscheiden habe. Dieser Auffassung trat auch Treviranus (Vermischte Schriften Bd. IV) bei, und vertheidigte dieselbe später (Physiologie der Gewächse. Bonn 1835 B. I S. 450) gegen die sehr natürlichen Gründe, die Meyen (Phytotomie 1830 S. 114) und Herm. Kroker (de plantarum epidermide 1830 p. 2) gegen dieselbe geltend gemacht; ihm war schon 1830 Brongniart (Recherches etc. p. 6) in der Annahme mehrschichtiger Oberhäute gefolgt. Brongniart unterscheidet dann weiter die mehrschichtigen Oberhäute in solche mit gleichartigen und in solche mit ungleichartigen Schichten.

Wenn wir diese Zellschicht gesondert betrachteten, so geschah es, weil uns ihre Einreihung in eines der Gewebssysteme des Blattes unwesentlich schien. Soll dieselbe aber, wie Treviranus will, durchaus irgendwo untergebracht werden, so müsste sie dem Parenchym und nicht der Oberhaut zugezählt werden, denn: 1) geht sie gar häufig, z. B. am Blattgrunde der Büschelnadeln von Pinus, allmählig in das Parenchym über, so dass man dann nicht einmal im Stande wäre, die Grenze zwischen Oberhaut und Parenchym zu ziehen, und 2) bietet ihre eigenthümliche Entwickelung in den Blättern von Cephalotaxus pedunculata einen vollkommenen Uebergang zu den im

Parenchym isolirt auftretenden, verzweigten, bastartig verdickten Zellen. Bei genannter Pflanze verlaufen dieselben nach Analogie der übrigen Coniferen unter der oberen Oberhaut, ohne jedoch eine geschlossene Schicht zu bilden. Zugleich senden aber einzelne von ihnen Aeste zwischen die Zellen des Pallisaden-Parenchyms hinab, so dass der Charakter der „Schicht", der doch für Oberhautgebilde wesentlich, ganz verloren geht; ja noch andere ganz ebenso gebildete Zellen sind ganz und gar in das Parenchym eingelagert. Wenn es nun unmöglich ist, diese letzteren als zur Oberhaut gehörig anzusehen, so darf man sich auch der Richtigkeit des Rückschlusses auf jene Schichten unter der Oberhaut überhaupt versichert halten.

Stark verdickte Zellen im Parenchym.

Wir schliessen hieran die Erwähnung der im Parenchym der Coniferenblätter häufig einzeln auftretenden verdickten Zellen. Ausser bei Cephalotaxus finden wir sie noch gleichfalls langgestreckt bei Cunninghamia; — nur wenig gestreckt und von sehr grossem Lumen bei Podocarpus elongata (ihre eigenthümliche Ausbildung bei anderen Podocarpus-Species s. unter: quergestrecktes Parenchym); — verzweigt hingegen bei Dammara und Sciadopitys. Bei letzterer Gattung erinnern sie durch ihre Gestalt auffallend an die verdickten Zellen im Blattstiel und im lockeren Blattparenchym von Nymphaea. — Langgestreckte Bastzellen im Parenchym zerstreut finden sich auch sehr reichlich bei den Cycadeen (Dioon, Ceratozamia, Zamia).

Nicht selten zeigt auch das Parenchym der primären Rinde entsprechende verdickte Zellen (Nymphaea, Araucaria brasiliensis). Schacht, der früher derartige Zellen in der Tannenrinde als secundäre Bastzellen gedeutet, hält dieselben jetzt, und gewiss mit vollem Rechte, „für eine besondere Form der sogenannten Steinzellen, d. h. für dickwandiges und verholztes Rindenparenchym" (Bot. Zeit. 1862 S. 410 Anmerk.). Die Ansicht, dass das Blattparenchym nie verholzte Zellen enthalte (Schacht Lehrbuch II S. 121), muss man dann ebenso fallen lassen; denn die besprochenen Zellen derselben sind in gleicher Weise zu deuten, wie die des Rindenparenchyms. — Den Ausdruck „Haare im Innern des Blattes" könnte man mit gleichem Rechte, wie bei Nymphaea, auch bei Sciadopitys in Anwendung bringen. In der Lamina des Nymphaea-Blattes erstrecken sie ihre Aeste ganz wie bei Sciadopitys in die Intercellulargänge des unteren, lockeren Parenchyms. Doch sollte man jene Bezeichnung besser ganz

meiden; die betreffenden Zellen sind modificirte Parenchymzellen und haben mit einer wahren Oberhaut nichts zu thun.

Das Parenchym.

Wie Brongniart mit seinen bekannten „Recherches etc." überhaupt zuerst Bahn brach in diesem Theile der vergleichenden Phytotomie, so war er auch der Erste, der den Bedingungen nachforschte, welche der Differenzirung des Blattparenchyms in ein dichteres sogenanntes Pallisadenparenchym und ein lockereres Parenchym zu Grunde liegen. Welche Beiträge zu diesem vielleicht interessantesten Punkte der vergleichenden Anatomie des Blattes die Coniferen liefern, werden wir nach Betrachtung dieser an sich unten näher erörtern. — Von den im Parenchym verlaufenden Harzgängen sehen wir vorläufig ab, und werden dieselben später einer gesonderten Betrachtung unterwerfen.

Um die sehr mannigfache Entwickelung, welche das Parenchym der Coniferennadeln darbietet, übersehen zu können, lassen wir uns durch die äussere Form der Blätter leiten, und setzen denjenigen, welche eine obere und untere Blattfläche deutlich entwickelt haben, die im Querschnitt rundlichen oder rhomboidalen gegenüber. Unter den flachen Nadeln hat man ferner zu unterscheiden nach der Stellung der Spaltöffnungen. — Die Blätter von Cunninghamia, Sequoia sempervirens, Sciadopitys, Tsuga, Abies, Dammara, Podocarpus (mit Ausschluss von P. elongata), Taxus, Cephalotaxus, Torreya, Salisburia (und die blattartigen Stengelausbreitungen von Phyllocladus), sowie die flachen Blätter junger Pflanzen von Cupressus, Frenela, Cryptomeria tragen in der Regel nur auf der Unterseite des Blattes Spaltöffnungen. — Dementsprechend ist die untere Hälfte des Parenchyms von zahlreichen Intercellulargängen durchzogen, indem die einzelnen Zellen mehrfach verästelt sind und nur mit den Aesten an die Nachbarzellen anstossen. Die obere Hälfte des Blattgewebes ist bei obigen Coniferen ein charakteristisches Pallisadenparenchym, d. h. sie besteht aus unverzweigten, cylindrischen Zellen, welche pflasterartig mit ihrer Längsachse senkrecht zur Blattfläche in ein oder mehreren Reihen übereinander stehen, wenig oder keine Intercellularräume zwischen sich lassen und sehr reichlich Chlorophyll (und Stärke) enthalten. — Während die mit Luft erfüllten Intercellulargänge des lockeren Parenchyms der Unterseite der Blätter eine hellere Färbung ertheilen, bewirkt die Dichtigkeit des Pallisadenparen-

chyms im Verein mit der reichlicheren Entwickelung des Chlorophylls in demselben die intensiv dunkelgrüne Farbe der Oberseite der meisten Coniferenblätter. Die Intensität dieser letzteren erklärt sich meist durch die Dicke des Pallisadenparenchyms.

Besondere Erwähnung verdient die charakteristische Ausbildung des lockeren Füllgewebes bei den Podocarpeen: das quergestreckte Parenchym.

Nimmt man von einem Blatte von Podocarpus macrophylla durch einen Schnitt parallel der Blattfläche die obere Oberhaut sammt der verdickten Schicht und dem Pallisadenparenchym weg, so erkennt man schon mit unbewaffnetem Auge ein Gewebe, dessen Zellen in der Mittelebene des Blattes senkrecht zu dem Mittelnerv verlaufen, sehr langgestreckt sind und bedeutende Zwischenräume zwischen sich lassen. Man erhält die klarste Vorstellung von der Richtung dieser Zellen, wenn man bedenkt, dass bei vorliegenden Blättern alle drei Richtungen des Raumes durch langgestreckte Zellen vertreten sind. Denken wir uns in die vertikale Achse der Pflanze und betrachten ein horizontal von ihr abgehendes Blatt, so wird die eine Richtung repräsentirt durch die Zellen des Leitbündels, der Oberhaut, der verdickten Schicht und des Harzgang-Epithels; — die zweite Richtung (von oben nach unten) durch das Pallisadenparenchym; — die dritte (von rechts nach links) durch das in Rede stehende lockere quergestreckte Parenchym. — An einem Längsschnitt senkrecht zur Blattfläche erkennt man bei genügender Vergrösserung, dass die betreffenden Zellen in der Regel nicht seitlich an einander stossen, sondern dass jede einzelne Zelle mit den zunächst über und unter ihr liegenden in Berührung ist. Man sieht zugleich, dass die Zellen der obersten Lagen dieses quergestreckten Parenchyms, welche ungefähr in der Mittelschicht des Blattes zu suchen, chlorophyllleer und nicht unbedeutend verdickt sind. Ein Blattquerschnitt, oder ein Längsschnitt parallel der Blattfläche aus der Mitte des Blattes herausgenommen, zeigt sehr deutliche Poren in diesen Zellen, und Chlorzinkjod färbt die Membran gelb bis orange. Die tiefer, d. h. der unteren Oberhaut näher gelegenen Schichten sind schwächer verdickt und zeigen meist ausser der sehr beträchtlichen Längsstreckung senkrecht zum Mittelnerven nichts, das sie von der gewöhnlichen Form des lockeren Parenchyms unterschied. In ähnlicher Weise ist das lockere Parenchym bei allen breitblätterigen, einnervigen Podocarpus-Arten gebildet (salicifolia, lanceolata, chinensis Wall., acicularis, Chilina). Bei geringerer Deutlichkeit sind es die dem Pallisa-

denparenchym nächsten Schichten des lockeren Parenchyms, welche die ausserordentliche Querstreckung noch behalten. Auch den schmalblätterigen Podocarpus-Arten (laeta, Totara, Bidwilli, nubigaena, pungens) ist ein in geringerem Maasse quergestrecktes lockeres Parenchym eigen. — Unter den übrigen Coniferen bieten Beispiele für diese Art des lockeren Parenchyms Cunninghamia sinensis, Sequoia sempervirens, Cephalotaxus. Vor Allem scheint die Verbindung der resp. Zellen unter sich durch Uebereinanderlagerung bei den flachen Blättern allgemein zu sein. Es entspricht diese Art des Gewebes am besten seiner Funktion: der Luft, welche durch die Spaltöffnungen eintritt, ein möglichst tiefes Eindringen in das Blatt zu gestatten. Ein stark quergestrecktes Mitteldiachym ist uns sonst nur bei Cycadeen bekannt; am charakteristischsten in den Foliolis von Cycas revoluta und circinalis. Blattquerschnitte dieser sind in ihrer ganzen Struktur solchen von Podocarpus macrophylla merkwürdig ähnlich. Einen Beweis für die Augenfälligkeit der Entwickelung des quergestreckten Parenchyms bei Cycas liefert der Irrthum, zu dem sich Miquel offenbar durch das Aussehen desselben verleiten liess: wenn er dem Tribus Cycadinae foliola mit Adern zuschreibt. (Prodromus Systematis Cycadearum 1861 pag. 5 et 6: „Cycadinae: Foliola uninervia, venis patulis immersis simplicibus.") Dass eine derartige Deutung jener verdickten Zellen nicht statthaben kann, leuchtet nach dem Obigen von selbst ein. — In geringerem Grade entwickelt, doch immer deutlich quergestreckt, ist dieser Theil des Blattgewebes auch bei den Cycadeen-Gattungen: Encephalartos, Ceratozamia und Zamia.

Flache Blätter mit Spaltöffnungen auf beiden Oberhäuten finden sich unter den Coniferen nur bei den flachblätterigen Arten der Gattung Araucaria und bei Podocarpus elongata. Dementsprechend haben die Blätter dieser Arten auf beiden Seiten je eine Schicht Pallisadenparenchym, und zwischen beiden in der Mitte des Blattes lockeres Parenchym, in welchem Leitbündel und Harzgänge verlaufen. Man erkennt schon äusserlich diese Gleichartigkeit des Baues durch das gleich-grüne Ansehen beider Blattflächen. Wie in derartigen Fällen immer mit Zunahme der Zahl der Spaltöffnungen auf einer Seite das unterliegende Pallisadenparenchym kurzzelliger und lockerer wird, so zeigt auch Ar. imbricata, deren Blattunterseite weit mehr Spaltöffnungen trägt als die Oberseite, an jener eine geringere Entwickelung des Pallisadenparenchyms als unter der Oberhaut der oberen Blattseite. — Bei Pod. elongata erkennt man die Ursache dieses eigenthümlichen anatomischen Baues sofort in der Drehung der

Blätter um 90°, in Folge welcher das Oben und Unten zu einem Rechts und Links, der Einfluss des Lichtes also auf beide Blattflächen ein gleichartiger wird. Da die Spaltöffnungen auf beiden Seiten in vollkommen gleicher Menge auftreten, ist auch das Pallisadenparenchym unter beiden Oberhäuten gleich stark entwickelt und schliesst hier ebenfalls ein dem lockeren Parenchym anderer Coniferenblätter entsprechendes, mässig-quergestrecktes Parenchym ein. Einzelne Zellen des letzteren sind nicht selten verdickt und stark porös, nie aber so bedeutend in der Richtung senkrecht zum Mittelnerven verlängert wie bei Pod. macrophylla und den verwandten.

Die Gattung Juniperus repräsentirt den letzten Fall der Stellung der Spaltöffnungen bei flachen Blättern; nämlich das Vorkommen derselben nur auf der Oberseite. Ihr schliessen sich zugleich durch allmählige Uebergänge die schuppenförmigen Blätter an, wie sie den Gattungen Cupressus, Biota, Frenela eignen; denn auch bei diesen stehen die Spaltöffnungen wesentlich auf der Oberseite der Blätter. Die Einwirkung dieses Umstandes auf das Parenchym ist aber nicht überall die gleiche. Bei Juniperus communis wird dadurch die Entwickelung eines charakteristischen Pallisadenparenchyms vollkommen unterdrückt, und das Parenchym der unteren Blatthälfte wird sogar das dichtere, ohne jedoch eine pallisadenartige Ausbildung zu erhalten. Im Gegensatz hierzu verändert dieselbe Stellung der Spaltöffnungen bei Biota pendula nur insofern das Pallisadenparenchym, als die Zellen desselben lockerer neben einander stehen, Intercellulargänge zwischen sich lassend, die zu den Spaltöffnungen führen; zugleich sind die Zellen des unteren Parenchyms unverzweigt und stehen dichter.

Von Interesse sind die in Bezug auf die Stellung der Spaltöffnungen blattartigen Zweige gewisser Cupressineen (Thujopsis, Chamaecyparis, Libocedrus Doniana und andere), welche Zuccarini (a. a. O. S. 788 f.) zuerst beschrieben. Es sind an diesen Zweigen nur diejenigen Blätter, oder diejenigen Blatthälften reichlicher mit Spaltöffnungen besetzt, welche auf der unteren Zweigseite liegen. Demgemäss ist die Entwickelung des Parenchyms auf letzterer eine viel schwächere als auf der Oberseite, sowohl was Dichtigkeit der Ineinanderfügung der Zellen als auch was das Vorhandensein des Chlorophylls in ihnen betrifft. Wir werden unten sehen, wie Entsprechendes auch bei Araucaria sich wieder findet.

Wenden wir uns nun zu den im Querschnitt rundlichen oder rhomboidalen Blättern, denen die charakteristische Ausbildung einer

oberen und einer unteren Blattfläche fehlt, deren Spaltöffnungen in der Mehrzahl der Fälle auf alle Seiten der Nadel vertheilt sind, — so müssen wir diese in zwei Abtheilungen scheiden, in solche mit gleichartigem und solche mit differenzirtem Parenchym.

Zu jenen gehören die Nadeln von Picea, Larix, Cedrus und Pinus, zu den letzteren die von Araucaria (excelsa, Cunninghami, Cookii), Cryptomeria, Dacrydium cupressinum. Der Grund dieser Verschiedenheit ist offenbar darin zu suchen, dass die Leitbündel der ersteren von einer mehr oder weniger weiten Schutzscheide eingeschlossen sind, so dass bei Pinus z. B. nur 1—3 Zellschichten zwischen der verdickten Schicht unter der Oberhaut und der Leitbündel-Scheide Platz finden; während bei den letzteren das Leitbündel nur einen sehr geringen Raum einnimmt. Bei Pinus bleibt das Parenchym selbst dann noch ein gleichartiges, wenn die Spaltöffnungen nicht allseitig stehen (wie z. B. bei Pinus Strobus, P. excelsa). Die Parenchymzellen der genannten Abietineen sind dicht ineinander gefügt, und lassen nur unter den Spaltöffnungen mehr oder weniger tief eindringende, weite Intercellularräume zwischen sich: die Athemhöhlen. — Die durch den Mangel eines lockeren Gewebes eintretende Erschwerung des Zutritts der atmosphärischen Luft zu den Gewebszellen wird durch die allseitige Vertheilung der Spaltöffnungen neutralisirt. — Wenn die Wachsthumsenergie der Parenchymzellen bei Picea und Larix schon gross genug ist, um keine Bildung von Intercellulargängen zu Stande kommen zu lassen, so bewirkt sie bei Pinus und Cedrus, in noch höherem Maasse vorhanden, die Bildung von Zellwandfaltungen. Meyen (Physiologie 1837 I Taf. VI Fig. 17 und S. 440) bildete sie zuerst ab an einem Blattquerschnitte von Pinus sylvestris, und bezeichnete sie als „mehr oder weniger grosse Hervorragungen, gleichsam Auswüchse, welche diesem Gewebe sehr eigenthümlich" seien. Später deutete er (Müller's Archiv 1839 S. 276) sie als spiralige Verdickungsfasern der Zellwand. Hartig (Naturgeschichte forstlicher Culturpflanzen 1851 in den Figurenerklärungen zu Taf. 18 Fig 15^{b} und 17) gab zuerst die richtige Erklärung und nannte diese Parenchymzellen cellulae plicatae. Die grosse Deutlichkeit, mit der selbst ohne alle Maceration die Zweifachheit des nach innen vorspringenden Theils der Zellhaut bei Cedrus Deodara zu erkennen, lässt darüber keinen Zweifel, dass Hartig's Ansicht die richtige, — dass man es hier nicht mit Verdickungsleisten, sondern mit Einfaltungen der Membran zu thun hat. Zu diesem Resultate gelangt auch Cohn (Zur Lehre vom Wachsthum der Pflan-

zenzelle N. A. A. C. L.-C. N. C. Vol. XXII P. II pag. 516), möchte aber den Hartig'schen Namen in „cellulae costatae" umgewandelt sehen. — Wir vermissten diese Ausbildung der Zellen des Parenchyms bei keiner Species der Gattungen Pinus und Cedrus. Die primären Nadeln von Pinus zeigen sie nicht so constant als die Büschelnadeln, gewöhnlich nur in der äussersten Reihe der Parenchymzellen (P. excelsa, Gerardiana). Den Büschelnadeln fehlen die Zellfalten in dem Parenchym des unteren, in der häutigen Scheide verborgenen Nadeltheils ganz; oder dieselben sind doch nur weit sparsamer vorhanden als in dem chlorophyll-reicheren Gewebe des freien Theils der Nadel, indem der Mangel an Luft und Licht die Wachsthumsenergie der Zellen dort darnieder hält. — Von anderen Coniferen ist uns das Vorkommen solcher cellulae plicatae nur bekannt in kräftigen Blättern von Larix und in den Blattkissen der Frenela triquetra, wo sie sich an der Aussenseite der zunächst unter der verdickten Schicht gelegenen Parenchym-Zellreihe zuweilen finden.

Es ist leicht, die Entwickelungsgeschichte der cellulae plicatae bei Pinus im Frühjahr zu verfolgen. Die Zellen der später verdickten Schicht hören früher auf, ihr Volumen zu vergrössern, als die Parenchymzellen. Während sich in jenen bereits Verdickungsschichten bilden, wächst noch die primäre Zellenmembran dieser weiter, und faltet sich, aus Mangel an Raum, nach innen ein. Dadurch erklärt sich auch, dass die der verdickten Schicht nächstliegenden Zellen, und zwar an der diesen zugewandten Seite, die Zellfalten am ehesten, reichlichsten und constantesten besitzen.

Die Nadeln der angeführten Arten von Araucaria, der Cryptomeria japonica und die von Dacrydium cupressinum haben (wie die von Picea) die Spaltöffnungen in vier Streifen auf den vier Flächen stehen. Untersucht man diese Blätter an ihrer Basis, so findet man das Parenchym locker, aus Zellen gebildet, die sämmtlich von oben nach unten beträchtlich langgestreckt sind. In der mittleren Höhe des Blattes bemerkt man hingegen ringsum an der Oberhaut, resp. an der verdickten Schicht und senkrecht auf diese gestellt ein grüneres und dichteres Gewebe, aus nur einer Schicht Zellen gebildet, das analog dem Pallisadenparenchym anderer Blätter ist, und unter den vier Spaltöffnungsstreifen Athemhöhlen zeigt, während das Innere des Blattes lockeres Parenchym aus von oben nach unten gestrecten Zellen enthält. Bei den Araucarien ist diese Differenzirung eine ziemlich scharfe; bei Cryptomeria ist sie weniger bestimmt ausgesprochen. Es entspricht diese Anordnung ganz dem Bau des Blat-

tes von Pod. elongata: ringsum ein Mantel, ein Hohlcylinder von Pallisadenparenchym und innerhalb desselben lockeres Gewebe, in welchem Leitbündel und Harzgänge liegen.

Untersucht man die Blätter der verschiedenen Seiten eines horizontalen Zweiges von Araucaria Cookii oder Ar. Cunninghami, so findet man das eben beschriebene Pallisadenparenchym in ihnen sehr verschieden entwickelt. Dasselbe ist am stärksten ausgebildet — d. h. seine Zellen nach innen am längsten — an den gerad nach oben gerichteten, am schwächsten an den nach unten stehenden Blättern, in welchen sie nur die halbe Länge erreichen. Die seitlichen, d. h. in der Ebene des Horizontalzweiges sich erstreckenden Nadeln sind in ihrer oberen Hälfte wie die oberen, in ihrer unteren Hälfte wie die nach unten stehenden gebaut. Dies erklärt zugleich das bleichere Ansehen eines Araucaria-Zweiges von der unteren Seite im Vergleich zu dem intensiveren Grün der Oberseite. Es ist noch besonders hervorzuheben, dass die Spaltöffnungen an den mit einander verglichenen Nadeln vollkommen gleichgestellt und gleich reichlich vorhanden waren. — Bei Cryptomeria war Aehnliches nicht zu beobachten.

Welche allgemeinen Resultate folgen nun aus diesem Verhalten der Coniferenblätter? — Zunächst die Bestätigung des Satzes, dass, wenn die Oberhaut auf allen Seiten des Blattes gleich gebaut ist, auch das unterliegende Gewebe eine im Wesentlichen gleichartige Struktur hat (Schacht Lehrbuch II. S. 119). — Ferner: dass nur unter dieser Bedingung die Differenzirung des Parenchyms in ein Pallisadenparenchym und ein lockeres Parenchym ganz unterbleiben kann (Pinus, Picea), nicht aber nothwendig unterbleibt (Araucaria). — Ferner: dass die Lage des Pallisadenparenchyms unabhängig ist von der Stellung der Spaltöffnungen; die Kenntniss des Baues der Oberhaut also noch keinen Schluss erlaubt auf die Differenzirung des Blattparenchyms. Ist das Pallisadenparenchym nur auf einer Seite vorhanden, so ist diese die dem Lichte zugewendete, gleichgültig ob die Spaltöffnungen an derselben Seite (Biota pendula, die Cotyledonen von Juniperus virginiana) stehen oder nicht. — Ist das Pallisadenparenchym ringsum vorhanden, so entwickelt es sich an den dem Lichte zugewendeten Seiten stärker; schliesst aber dann immer noch ein, durch die Richtung seiner Zellen und den geringeren Gehalt an Chlorophyll von ihm verschiedenes Gewebe ein (Araucaria). — In den Blattkissen findet man meist ein Analogon des Pallisadenparenchyms. Während jedoch bei den Blättern die obere

(d. i. innere) Hälfte der gewöhnliche Sitz desselben, liegt es in dem Blattkissen aussen, unmittelbar unter der Oberhaut (resp. der verdickten Schicht).

Die Leitbündel.

Bei der Mehrzahl der Coniferenblätter sind die Leitbündel (fasciculi) ganz in das Parenchym eingelagert und äusserlich gar nicht zu erkennen. Daher behauptet noch Richard: den Blättern der Abietineen fehlten die Nerven ganz [1]). Aber selbst bis in die neueste Zeit hat man häufig durch bloss äusserliche Betrachtung der Nadeln mit der Loupe sich zu Irrthümern verleiten lassen. So sagt Carrière (Traité général des Conifères. Paris 1855 pag. 191) von dem Blatte der Tsuga canadensis, dass an der Unterseite desselben ein breiter Nerv verlaufe. In Wirklichkeit liegt aber das Leitbündel mitten im Parenchym, und der unter demselben sich erstreckende Harzgang ist es, der den Kiel bildet. Dasselbe gilt für fast alle Cupressineen mit abstehenden Blättern, z. B. Chamaecyparis ericoides, Biota pendula.

Die grosse Mehrzahl der Coniferenblätter besitzt nur einen Mittelnerv; so die sämmtlichen Abietineen, Cupressineen und Sequoieen, mit Ausnahme der Gattung Sciadopitys, deren Nadeln von zwei parallelen Nerven durchlaufen werden. Die Blätter der breitblätterigen Arten der Gattung Araucaria, sowie die von Dammara, Salisburia und Nageia haben eine grössere Anzahl gleichstarker Nerven, welche getrennt im Blatte verlaufen und nie durch Adern mit einander verbunden sind.

Wenden wir uns zur Anatomie der Blattnerven, so muss vorangeschickt werden, dass dieselben nicht Gefässbündel im strengen Sinne des Wortes sind, indem sie nicht aus Gefässen, sondern nur aus Zellen zusammengesetzt sind (Caspary, über die Gefässbündel der Pflanzen. Monatsberichte der königl. Akad. der Wissenschaften zu Berlin 1862, Juli, S. 449). — Sie bestehen stets aus zwei Lagen, einer oberen und einer unteren, deren augenfällige Verschiedenheit zu der Annahme einer hier stattfindenden Jahresring-Bildung geführt hat (Schleiden, Grundzüge II S. 197; Cohn a. a. O. S. 532).

---

1) Umgekehrt hielt Link (Elementa Philosophiae Botanicae. Editio altera. 1837 I p. 471) die in den seitlichen Kanten des Blattes von Picea stark entwickelte Schicht bastartiger Zellen für Nerven, und gerieth aus diesem Irrthum in den anderen, dass er diese Nadeln als aus zwei verwachsenen Blättern bestehend (Pinus-artig) betrachtete.

— Die obere Schicht ist aus Holzzellen gebildet und wird nach oben an der der Markscheide entsprechenden Stelle durch eine oder wenige Lagen spiral-verdickter Zellen beschlossen. Die Zellen der unteren Schicht sind gleichfalls langgestreckt, aber dünnwandig (vgl. Hartig a. a. O. Taf. 18 Fig. 15 und 16). — Bei Podocarpus liegen in der unteren Schicht einzelne im Querschnitt viereckige Bastzellen, und zu beiden Seiten des Leitbündels finden sich spiral- oder punktirt-verdickte Zellen: veränderte Parenchymzellen (Karsten, Abhandl. der Berliner Akademie 1847 Taf. VII Fig. 4). — Die beiden Lagen des Leitbündels zeigen eine sehr deutliche Verschiedenheit auch in ihrem Verhalten zu chemischen Reagentien. Chlorzinkjod färbt die obere Schicht gelb, die untere hingegen blau, violett oder fleischroth (Cryptomeria, Cunninghamia, Tsuga Brunoniana, Pinus Laricio, P. Pinea, Dammara, Podocarpus macrophylla, Cephalotaxus Fortunei). — Zucker und Schwefelsäure färbt häufig nur die obere Schicht, ja zuweilen (Taxus) nur die spiral-verdickten Zellen schön roth. Es ist bemerkenswerth, dass diese Reaction gänzlich unterbleibt, wenn der Schnitt vorher mit Alkohol behandelt worden, auch wenn man den Alkohol durch Wasser sorgfältig wieder ausgewaschen.

Die Blätter aller Coniferen zeigen im Spätsommer des Jahres, in welchem sie ihre volle Grösse erlangen, auch schon jene Ausbildung des Leitbündels; die folgenden Jahre bringen keine Neubildungen mehr. Die Annahme einer Zweijährigkeit kann sich also nur auf den Einschluss des vorhergehenden Sommers beziehen, in welchem die im Frühjahr sich entwickelnden Laubzweige als Knospen angelegt worden sind. Wir haben es hier also mit einer Zweijährigkeit im weiteren Sinne des Wortes zu thun, d. h. mit einer auf zwei verschiedene Jahrgänge vertheilten Entwickelung, deren Dauer aber kaum die eines Jahres erreicht, indem dieselbe Ende Juli (vgl. Schacht, Lehrbuch II. S. 13) beginnt und im Juni bis Juli des nächsten Jahres für die Blätter beschlossen wird. In der That findet man z. B. in den $\frac{1}{4}'''$ langen Blättchen der Laubknospen von Abies Nordmanniana am Ende des Winterschlafes (Anfang Mai) die von der Markscheide in sie übergehenden Spiralzellen schon vor. Aber man darf daraus nicht den Schluss ziehen, dass die obere Leitbündelschicht schon um diese Zeit für das ganze Blatt fertig gebildet und bei dem Auswachsen der Blätter (von $\frac{1}{4}'''$ bis zu 1 Zoll Länge!) etwa nur länger gestreckt würde. Denn wäre dies der Fall, so müssten die spiraligen Verdickungsstreifen im ausgebildeten Blatt weiter von einander abstehen als in der Blattanlage, wie sie die überwinternden

Knospen zeigen. Die Windungen sind aber bei beiden vollkommen gleich dicht. Die Annahme einer Bildung von Spiralzellen noch im Frühjahr ist darnach geboten, die Deutung der zwei Schichten durch Zweijährigkeit der Bildung unzureichend.

Vergleicht man den Bau des Blattnerven mit dem Leitbündelkreis eines einjährigen Zweiges, so entspricht der oberen Schicht vollkommen (auch in Bezug auf die chemischen Reactionen) die Markscheide und das Holz des Stammes; der unteren hingegen das Cambium mit dem bei den Coniferen meist gar nicht entwickelten Bast, und dies scheint uns die richtige Deutung der zwei Schichten des Blattleitbündels zu sein. — Demgemäss kann es nicht befremden, dass man im Holz des Blattnerven, z. B. von Podocarpus, wohl ausgebildete Tüpfel findet, deren Vorkommen in Blättern von Schacht (Lehrbuch II. S. 121) zeither nicht angenommen wurde, von anderen Physiologen aber schon mehrfach beobachtet worden ist (Hartig a. a. O. Meyen, Physiologie I. S. 81).

Das Leitbündel der Abietineen ist von einer mehr oder weniger abstehenden Schutzscheide eingeschlossen. Der Raum zwischen beiden wird von einem markartigen Parenchym erfüllt, dessen weite und nur schwach verdickte Zellen an allen ihren Wänden reichliche Tüpfel tragen (bei allen Arten von Pinus, bei Picea Khutrow; vgl. Hartig a. a. O. Taf. 18 Fig. 15 u. 16[h]). Doch erreichen diese Tüpfel nicht die Grösse der im eigentlichen Holze auftretenden. (Die Pinusnadeln besitzen häufig Bastzellen in diesem Markparenchym.) Eine gleich charakteristische abstehende Schutzscheide findet man bei anderen Coniferen nicht; das markartige getüpfelte Parenchym ist uns nur noch von Cunninghamia sinensis bekannt, wo es, in wenig Zellen auftretend, das Leitbündel umgiebt.

Die Nerven der blattartigen Stengelausbreitungen von Phyllocladus bestehen aus einem flachgedrückten Leitbündel-Kreis. Von der Mitte desselben ausgehend folgen nach allen Seiten hin Mark, Holz, Cambium auf einander; ein Beweis für die Richtigkeit der aus morphologischen Betrachtungen (Zuccarini a. a. O. S. 786 f.) hervorgegangenen Deutung jener Gebilde als Achsenorgane.

Den Nadelhölzern eigenthümlich ist die Neigung zur Zweitheilung der Blatt-Leitbündel, welche fast in allen Gruppen dieser Familie sich geltend macht; bei derselben Art in verschiedenem Maasse, je nach der Kräftigkeit der Blätter. Vier verschiedene Grade der Realisirung dieser Anlage werden in aufsteigender Reihe repräsentirt durch die Gattungen Abies, Pinus, Sciadopitys und Salisburia.

Bei den Gattungen Tsuga, Abies, Picea, Larix, Cedrus theilt in kräftigen Blättern eine ein bis zwei Zellschichten starke Lage des oben erwähnten markartigen Gewebes, ein Markstrahl, das Leitbündel in zwei neben einander liegende Hälften. Weniger kräftigen Nadeln fehlt dieser Markstrahl. Derselbe tritt nahe ausnahmslos bei den Pinus-Arten mit zwei oder drei Nadeln im Büschel auf, erreicht hier eine viel grössere Dicke und entfernt dadurch die beiden Hälften oft sehr weit von einander. Damit tritt zugleich eine auffällige Aenderung in der Lage der Leitbündelhälften zu einander ein. Während das ungetheilte Leitbündel mit wenig Ausnahmen flach ist, einem auf einer Ebene ausgebreiteten Ausschnitt des Leitbündelkreises des Stammes gleicht, die Radien desselben also parallel sind, — ist jede der Leitbündelhälften um circa 45^{0} um ihre Achse nach innen gedreht (ohne Veränderung der Richtung ihres Längsverlaufs). Die verlängerte Markstrahl-Richtung der einen Hälfte macht dadurch mit der der anderen einen Winkel von 90^{0}, dessen Scheitel ungefähr in die Mitte der Blattoberseite fällt; — die Radien divergiren also nach der Aussen- d. i. Unterseite des Blattes. Nach der Spitze der Pinusnadel zu werden beide Richtungen wieder parallel [1]). Der höchste Grad der Theilung bei Pinus wurde an den Nadeln durchwachsener Büschel von P. sylvestris beobachtet, nämlich drei getrennte Leitbündel, die aber immer noch, wie bei allen Abietineen, von der gemeinsamen Schutzscheide umschlossen waren. Die Nadeln von P. Cembra, P. Strobus und P. excelsa zeigten stets ein ungetheiltes Leitbündel.

Scidopitys verticillata ist die einzige Conifere, deren Nadeln von zwei parallelen Nerven durchlaufen werden. Da die Schutzscheide, wenn man bei den Cupressineen überhaupt von einer solchen noch reden kann, dem Leitbündel eng anliegt, so nimmt sie auch an der Verdoppelung jenes Theil, und die beiden Blattnerven sind durch Chlorophyll-führendes Parenchym getrennt. Die Divergenz der radiären Richtung beider Leitbündel erreicht noch einen höheren Grad als bei Pinus. Während die Spiralzellen bei Abies nach oben gelegen waren, sind die Leitbündel hier so weit um ihre Achse gedreht, dass dieser Theil nach innen zu liegen kommt; —

---

1) Der entgegengesetzte Fall, eine Convergenz der Radien, fand sich nur an dem ungetheilten Leitbündel von Pinus Gerardiana h. B., welches in umgekehrter Weise gewölbt ist wie ein Ausschnitt des Leitbündelkreises des Stengels und diese Species sehr bestimmt zu charakterisiren scheint.

die Leitbündel streben darnach, sich zur Blattmitte so zu stellen, wie im Stamme zwei diametrale Ausschnitte des Leitbündelkreises zur Achse, zum Marke stehen.

Dass wir diese Zweinervigkeit als eine Stufe in obiger Reihe hinstellen, findet seine Begründung in der Anatomie der Cotyledonen und ersten Laubblätter derselben Art. Diesen kommt nämlich ein nur einfacher, ungetheilter Nerv zu. Erst kräftiger entwickelte Nadeln zeigen die im späteren Leben der Pflanze ganz constante Zweinervigkeit. Wir beobachteten sie vom vierten oder fünften Laubblatt an.

Das Blatt von Salisburia adiantifolia stellt endlich den vollkommensten Grad dar, welchen die Leitbündel-Verzweigung bei den Coniferen erreicht. Im Blattstiel dieser Pflanze verlaufen zwei Leitbündel in der Richtung zu einander vollkommen denen der Pinusnadeln entsprechend und nur durch den Mangel der gemeinsamen Schutzscheide von denselben verschieden. Während aber die Nadeln von Pinus so zu sagen Blattstiele bleiben und den Knospenschuppen der Salisburia zu vergleichen sind, theilt sich jedes der zwei Leitbündel am oberen Ende des Stieles der Laubblätter der Salisburia von neuem [1]). Die so gebildeten zwei Hälften jedes einzelnen Leitbündels zeigen dieselbe Divergenz der Radien, wie sie den ursprünglichen zwei Bündeln eigenthümlich. Fortan erstreckt sich aber die Weitertheilung zunächst nur auf die beiden äussersten Leitbündel, die nach innen Zweige abgeben. In der Lamina wiederholt sich die Zweitheilung noch zwei- bis fünfmal. — Auch Dammara besitzt ganz am Grunde der stielartigen Verschmälerung des Blattes nur zwei Leitbündel, die Theilungen erfolgen hier aber sämmtlich in diesem Blattstiel; in der Lamina findet keine Verzweigung der Nerven mehr statt. Auch sind die aus einem Nerven durch Theilung entstehenden Hälften bei Dammara häufig von ungleicher Grösse. — Araucaria imbricata zeigt schon im Blattkissen eine grössere Zahl von Leitbündeln. — Unter diesem vergleichenden Gesichtspunkte muss man, den Blättern der Salisburia gegenüber, die Nadeln sämmtlicher Pinus L. und mehrweniger aller einnervigen Coniferen als Blattstiele

---

1) Die Angabe Zuccarini's (a. a. O. S. 785), dass noch ein „gleichsam steriler Fortsatz in die Mitte der Blattfläche übergehe“ (ein verkümmerter Mittelnerv), können wir nach unseren Beobachtungen nicht bestätigen. Da Leitbündel und Harzgänge in der fraglichen Lamina bei Betrachtung mit schwacher Loupe fast gleich aussehen, so vermuthen wir, dass eine derartige Verwechselung die Ursache jener Angabe ist.

betrachten, die es nicht zur Entwickelung einer Lamina bringen. — Bei den einnervigen Podocarpeen und Taxineen wurde nie eine Andeutung von Zweitheilung des Leitbündels beobachtet.

Die Harzbehälter.

Die Harzbehälter der ausgebildeten Blätter der Coniferen stellen sich stets dar als Intercellulargänge, die gewöhnlich langgestreckt sind in der Richtung der Längsstreckung des Blattes, seltener kugelige Gestalt haben. Sie sind stets ausgekleidet von einem Epithel, dessen langgestreckte zartwandige Zellen cylindrisch sind oder im Querschnitt ihren grösseren Durchmesser in der, in Bezug auf den Harzgang tangentialen Richtung haben, und an ihrer freien, dem Harzbehälter zugewandten Seite abgerundet erscheinen. — Gewöhnlich zeigen auch die das Epithel zunächst umgebenden Zellen eine concentrische Anordnung (am deutlichsten bei den Abietineen, am wenigsten deutlich bei den Podocarpeen). Der Harzgang von Torreya nucifera zeigt ausser dem Epithel noch bis drei solcher concentrischen Zellschichten. Das Epithel unterscheidet sich dann von den übrigen ebenso angeordneten Zellschichten ausser durch die grössere Dünnwandigkeit seiner Zellen auch durch die geringere Breite derselben. Es findet letzteres seine Erklärung durch die hier stattgefunden habende Theilung der Zellen (vgl. Mohl, über die Gewinnung des venetianischen Terpenthins. Bot. Zeitung 1859 S. 333). Dieser Grössenunterschied ist dann am deutlichsten, wenn sich ausser dem Epithel nur noch eine concentrische Zellschicht findet, wie z. B. bei Abies Cephalonica und Araucaria excelsa. — Mit Bastzellen finden sich nur die Harzgänge der Nadeln einiger Pinus-Arten umstellt (sylvestris, Strobus, Benthamiana, Laricio). Aber diese Bastzellen bilden nie die Wand des Harzganges, wie man nach der falschen Abbildung, die Meyen (Physiologie I. Taf. VI Fig. 17) von einem Harzgange der Kiefernadel gegeben, glauben müsste, sondern es findet sich zwischen ihnen und dem Lumen des Harzganges stets noch ein Epithel. — Die Zellen des Epithels enthalten nie Chlorophyll; sie sind meist von einer farblosen Flüssigkeit angefüllt. In einigen wenigen Fällen (bei Picea Withmanniana) wurde eine gleichmässige Blaufärbung des Inhalts derselben durch Jodtinctur beobachtet, ohne dass ein körniger Inhalt zu bemerken gewesen wäre. — Auch die concentrisch geordneten Zellreihen nächst dem Epithel enthalten gewöhnlich kein Chlorophyll.

Die Lage der Harzgänge in den Blättern ist nicht selten schon äusserlich mit unbewaffnetem Auge zu erkennen. Bei Tsuga canadensis und Torreya taxifolia z. B. erkennt man den auf der Unterseite des Blattes hervorstehenden Kiel durch seinen Seidenglanz als Harzgang; — die augenfälligen Harzdrüsen der Thuja occidentalis sind bekannt genug; — in der Blattspreite von Salisburia sieht man, besonders bei durchfallendem Lichte, die zwischen den Nerven verlaufenden, unterbrochenen Harzgänge. Ebenso sind dieselben auf dem Blattquerschnitte häufig schon mit unbewaffnetem Auge zu erkennen. — In der Mehrzahl der Fälle ist zur Feststellung der Existenz und des Verlaufes der Harzgänge die mikroskopische Untersuchung nöthig. Es genügt hierfür zunächst, mehrere Querschnitte in verschiedener Höhe des Blattes zu nehmen, wenigstens zwei, nämlich einen nahe dem Blattgrunde und einen in der halben Blattlänge; bei schuppenförmigen Blättern mit angewachsener Basis sieht man sich oft auf die Untersuchung des Blattkissens angewiesen. — Für die Erreichung obigen Zweckes ist es im Allgemeinen besser, die Schnitte nicht allzu fein, sondern einige Zelldicken stark zu machen, um nicht versucht zu werden, Zerreissungsstellen des Parenchyms für Harzgänge zu halten. Bei grösserer Dicke des Schnittes ist es aber dann um so mehr nöthig, dass man denselben genau senkrecht zur Längsachse des Blattes führt, welcher parallel die Harzgänge stets verlaufen. — Wenn das Lumen des Harzbehälters mit Secret gefüllt ist und das Bild dadurch undeutlich wird, ist es zweckmässig, die Blattschnitte in Terpentinöl zu legen. Diese Flüssigkeit ist dem Alkohol vorzuziehen, weil sie das Chlorophyll unverändert lässt, die Zellinhalte nicht contrahirt und zugleich in hohem Maasse die Schnitte durchsichtiger macht.

Man erfährt auf diese Weise, dass man zunächst zwei verschiedene Arten der Lage der Harzgänge im Blatt zu unterscheiden hat. Man findet nämlich 1) solche Harzgänge, die dicht unterhalb des Leitbündels, zwischen diesem und der unteren Oberhaut gelegen sind; und 2) solche, die vom Leitbündel entfernt im Blattparenchym eingelagert oder unter der Oberhaut verlaufen. — Wir werden später diese Unterscheidung für gewisse Coniferen als eine unwesentliche kennen lernen.

Wie schon angeführt, ist die Gestalt der Harzbehälter entweder eine langgestreckte: Harzgänge; oder eine mehrweniger kugelige: Harzdrüsen.

Die Harzdrüsen sind am ausgezeichnetsten entwickelt bei Cal-

litris quadrivalvis. Sie schmücken die Blattkissen besonders der Gipfeltriebe dieser Cupressinee durch ihren Glanz und den hohen Grad von Klarheit ihres Inhalts, der sie an jüngeren Zweigen wie Tröpfchen einer farblosen bis weingelben Flüssigkeit erscheinen lässt. Mit dem Alter nehmen sie ein röthlich-braunes, trübes Ansehen an.

Solche Harzdrüsen sind den Harzgängen vollkommen äquivalent; sie sind stark verkürzte und dadurch kugelig gewordene, oberflächlich gelegene Harzgänge. (Für Thuja und Cupressus kam schon Hartig, a. a. O. S. 96, zu diesem Resultate.) Der Beweis hierfür ist unschwer zu führen durch vergleichende Betrachtungen. — Biota orientalis hat vertieft liegende Harzdrüsen; — die langgestreckten Blätter der Biota pendula haben auch je eine langgezogene Drüse, d. h. einen Harzgang, welcher bis nahe zur Spitze des Blattes verläuft. — Aber da die Cupressineen sämmtlich in ihrer Jugend nadelförmige Blätter haben, die später erst in schuppenförmige übergehen, so kann man den Beweis für obige Annahme an den verschiedenen Blättern derselben Pflanze führen. — Die nadelförmigen Blätter einer jungen Callitris haben einen mittleren Harzgang, der, vom Leitbündel durch Parenchym getrennt, den Kiel der Unterseite des Blattes bildend, bis zur Blattspitze verläuft; zugleich aber auch nach der entgegengesetzten Richtung sich im Blattkissen weiter erstreckt; — und an den schuppenförmigen Blättern der flachgedrückten Zweige von Callitris wird derselbe in eine Harzdrüse zusammengezogen; — ja nicht selten gewahrt man an den Gipfeltrieben mit besonders langen Internodien zwischen den flachen Blättern an einem Blattkissen zwei solcher Harzdrüsen, welche senkrecht übereinander stehen und einem Harzgang entsprechen. (Dieser Fall kommt auch an den Gipfeltrieben von Thuja occidentalis zuweilen vor.) — Auf dem Rücken der schuppenförmigen Blätter von Chamaecyparis sphaeroidea stehen deutliche Harzdrüsen. Die Gipfeltriebe dieser Pflanze, an denen die Internodien bis 8mal so lang sind wie an kleinen Seitenzweigen, haben an den Blattkissen die Harzdrüsen bis zu einer Länge vom 5—10 Mm. ausgezogen. — Endlich repräsentiren die sehr wenig langgestreckten Harzgänge der nadelförmigen Blätter von Juniperus virginiana und J. Sabina, die mit gleichem Rechte Harzdrüsen genannt werden könnten, eine Mittelstufe zwischen beiden Formen der Harzbehälter. — Auch die oberflächliche Lage ist kein ausschliessliches Merkmal der Harzdrüsen. Dieselbe kommt z. B. den Harzgängen vieler Abietineen in derselben Weise zu. Bei Picea excelsa verdrängen die seitlichen Harzgänge nicht selten die Schicht

bastartig-verdickter Zellen und bewirken sogar eine Verringerung der Grösse der ihr Epithel nach aussen noch überziehenden Zellen der Blattoberhaut. Es kann daher hierin kein Unterschied zwischen Harzgang und Harzdrüse gefunden werden.

Aus obigen Beispielen erhellt, dass die Harzdrüsen vorzugsweise den schuppenförmigen Blättern eignen; sowie dass mit zunehmender Länge des Blattkissens oder der freien Spitze des Blattes die Harzdrüse sich streckt und zum Harzgang wird. — Hiernach ist es natürlich, dass die Harzdrüsen sich fast ausschliesslich bei Cupressineen finden. Stark verkürzte Harzgänge zeigen aber auch die schuppenförmigen Blätter von Dacrydium Franklinii. Dieselben liegen hier unter dem Kiel der Rückenseite der frei abstehenden Blattspitze, verändern aber, da sie ganz in das Parenchym eingebettet sind, nicht das Ansehen der Oberhaut.

Um eine Uebersicht über die zahlreichen Verschiedenheiten in Vorkommen und Lage der Harzbehälter der Coniferenblätter zu gewinnen, ist es nothwendig, zwischen wesentlichen oder primären und accessorischen Harzgängen (resp. Drüsen) zu unterscheiden. Hierzu dient 1) die Betrachtung desselben Blattes in verschiedener Höhe, sowie 2) verschiedener Blätter derselben Art; und 3) die Vergleichung der verschiedenen Arten einer Gattung und der Gattungen einer Ordnung unter einander. Abgesehen davon, dass sich die primären Harzgänge meist durch eine grössere Weite vor den übrigen auszeichnen, wird ihr Charakter durch die grössere Constanz ihres Vorkommens und ihre bedeutendere Länge bestimmt. — Benutzen wir zur Erläuterung einige Beispiele:

Die an den verkümmerten Seitenzweigen der Pinus zu 2—5 stehenden Nadeln zeigen bei verschiedenen Arten, selbst bei den verschiedenen Blättern desselben Individuums eine verschiedene Zahl von Harzgängen. — Von älteren Autoren giebt daher für Pinus sylvestris fast jeder eine andere Zahl an. — Schacht (Lehrbuch der Anat. u. Physiol. II S. 121), der deren bis zu 24 in einem Blatte beobachtete, bringt mit vollem Rechte die Zahl derselben mit der Kräftigkeit des Wachsthums in Beziehung. — Diese zahlreichen Harzgänge sind aber nicht alle gleichwerthig. Die zwei den Kanten nächstlaufenden sind in obigem Sinne als wesentliche, die übrigen als accessorische zu bezeichnen. Denn: 1) Jene zwei fallen häufig, wenn auch nicht immer, schon durch ihren grösseren Durchmesser im Querschnitt auf. — 2) Nach der Blattspitze zu enden die als accessorische bezeichneten früher als die in den Kanten verlaufenden. —

3) Es giebt Pinus-Species, die nur die beiden letzteren besitzen; nicht aber solche, denen diese fehlten bei gleichzeitigem Vorhandensein accessorischer Harzgänge. — 4) Die flachen, primären Blätter junger Pflanzen von Pinus besitzen in der Regel nur zwei Harzgänge, nämlich rechts und links an der unteren Oberhaut anliegend, nahe den Kanten je einen. — 5) Die Blätter der Abies, Picea, Larix und Cedrus sind durch zwei in gleicher Weise gelegene Harzgänge charakterisirt.

Als ein zweites Beispiel betrachten wir die flach-nadeligen Blätter von Sequoia sempervirens. In denselben verlaufen drei Harzgänge, zwei seitliche und ein mittlerer unter dem Leitbündel. Wir bezeichnen den letzteren als den wesentlichen; denn 1) er ist der bei weitem grössere, obgleich zwischen Leitbündel und Oberhaut weit weniger Raum ist, als den zwei seitlich im Parenchym gelegenen zu ihrer Entwickelung zu Gebote stände; er ist 2) der in den jungen Blättern zuerst gebildete, er ist 3) in der Blattspitze noch deutlich vorhanden, nachdem die anderen bereits blind geendet haben; er ist 4) in den schuppenförmigen, mit breiter Basis angewachsenen Blättern der Gipfeltriebe allein vorhanden, wie auch 5) bei den Blättern der Sequoia gigantea und der grössten Zahl der Cupressineen überhaupt.

Aus der Ordnung der Podocarpeen, in welcher accessorische Harzgänge sehr selten sind, wählen wir als ein drittes Beispiel Podocarpus macrophylla. Der in der grossen Mehrzahl der Fälle allein auftretende Harzgang liegt unter dem Leitbündel. Zuweilen beobachtet man noch ein oder zwei andere, rechts und links von demselben, jedoch nicht mitten im Parenchym, sondern ebenfalls noch zwischen dem sehr breiten Leitbündel und der unteren Oberhaut gelegen. Die Seltenheit des Vorkommens dieser lässt sie als accessorische bezeichnen.

Wenden wir uns mit diesen Hülfsmitteln an die Frage nach der Lage der Harzbehälter bei den Blättern der verschiedenen Ordnungen und Gattungen der Coniferen, und bringen wir letztere zuvörderst in zwei Abtheilungen: einnervige und mehrnervige, so ergiebt sich

a) für die einnervigen der dreifache Fall:

1) Gänzlicher Mangel aller Harzgänge: allein bei der Gattung Taxus unter den gesammten untersuchten Coniferen.

2) Ein wesentlicher Harzbehälter zwischen Mittelnerv und unterer Oberhaut: die Cupressineen, Sequoieen, die Gattung Tsuga

(excl. T. Douglasii Carr.), die Podocarpeen und Taxineen (excl. Taxus).

3) Zwei wesentliche Harzgänge, rechts und links vom Leitbündel, nahe den seitlichen Kanten des Blattes gelegen: die Abietineen (excl. Tsuga).[1])

b) In der Spreite der mehrnervigen Coniferenblätter verläuft zwischen je zwei Leitbündeln und diesen parallel ein wesentlicher Harzgang: Araucaria, Dammara, Salisburia. (Ueber die nicht hierher gehörigen Blätter von Sciadopitys und Nageia s. unten.)

Die speciellere Betrachtung beginnen wir mit

I. den **Cupressineen** und **Sequoieen.**

Der wesentliche Harzbehälter ist entweder oberflächlich gelegen, und zwar vorspringend als Kiel der Unterseite des Blattes (Juniperus communis, Chamaecyparis ericoides), oder als Drüse (Thuja occidentalis), oder in dunkler grün erscheinenden Furchen (Chamaecyparis Nutkaënsis, Cupressus, Biota), — oder er liegt dicht unter dem Leitbündel, von der Oberhaut durch Parenchym getrennt (Cunninghamia, Cryptomeria, Frenela, Actinostrobus, Libocedrus tetragona). — Die accessorischen Harzbehälter treten als zwei seitliche auf und entsprechen in ihrer Lage den wesentlichen Harzgängen der Abietineen. Sie wurden nur bei Sequoia sempervirens, Cryptomeria japonica, Thuja occidentalis, Widdringtonia und Chamaecyparis Nutkaënsis

---

1) Hartig (Naturgeschichte forstlicher Kulturpflanzen S. 96), der sich am ausführlichsten mit der Untersuchung der Harzbehälter befasst hat, theilt die Coniferen nach der Richtung des Eichens in Plantae acerosae antipodae und Plantae acerosae parapodae und sagt von den Harzgängen der letzteren, dass sie in ihrem Bau von dem der antipoden Nadelhölzer nicht abwichen, jedoch nie in der Mehrzahl vorhanden und nie durch Bastfasern begrenzt seien. — Das Vorkommen der Bastfasern um die Harzgänge herum ist, wie wir oben sahen, nicht einmal für alle Pinus-Species gültig und kann deshalb nicht als wesentliches Unterscheidungsmerkmal dieser Gruppen dienen. Aber auch das Vorkommen von nie mehr als einem Harzgang bei Hartig's parapoden Coniferen, die unserer Gruppe 2. zum Theil entsprechen würden, bedarf einer Einschränkung. Die Blätter von Sequoia sempervirens, von Cryptomeria, von Thuja occidentalis bieten Beispiele des Vorkommens dreier Harzbehälter bei Cupressineen. Ohne die Unterscheidung von wesentlichen und accessorischen Harzbehältern ist eine derartige Eintheilung überhaupt nicht aufrecht zu erhalten. — Andererseits rechnet Hartig zu den antipoden Coniferen nur die Abietineen. Die nach der Mutterpflanze zugewendeten Micropylen der Eichen, z. B. von Dacrydium Franklinii, welcher Conifere schuppenförmige Blätter mit nur einem mittleren Harzbehälter eignen, thun das Fehlerhafte jener Eintheilung dar.

beobachtet; bei den letztgenannten drei Cupressineen nur ausnahmsweise. — Die Art ihres Vorkommens bei Cryptomeria japonica ist besonders lehrreich. Die Cotyledonen und ersten Laubblätter dieser Pflanze sind flach. Drei Harzgänge liegen in ihnen ganz so wie früher von Sequoia sempervirens angegeben wurde; nur hat der mittlere in den Cotyledonen den geringsten Durchmesser. Spätere Blätter bekommen einen Kiel auf der Unterseite, so dass ihr Querschnitt nahezu dreieckig ist. Während die Weite der zwei seitlichen Harzgänge abgenommen hat, ist der untere mittlere in diesen Nadeln bereits der stärkste und verläuft zwischen Leitbündel und Oberhaut, von beiden durch Parenchym getrennt. Die in der Höhe von einem Fuss über der Erde an der primären Achse stehenden Blätter sind bereits stark seitlich comprimirt; die beiden accessorischen Harzgänge sind in ihnen verschwunden, und der wesentliche ist noch mehr in das Innere des Blattes gerückt, er verläuft unmittelbar unter dem Leitbündel, weit entfernt von der Oberhaut. An älteren Exemplaren der Cryptomeria japonica findet man nur ausnahmsweise die zwei accessorischen Harzgänge in den Kissen kräftig entwickelter Nadeln der Gipfeltriebe. Der wesentliche Harzgang verläuft constant unmittelbar unter dem Leitbündel.

Es zeigt dies Beispiel deutlich den Zusammenhang zwischen Blattform und Lage der Harzbehälter. Aber es wäre irrthümlich, wenn man alle Eigenthümlichkeiten in dem Vorkommen der letzteren allein durch die äussere Gestalt der Nadel erklären zu können glaubte. Weshalb, fragen wir dann, zeigen die Blätter der Cunninghamia sinensis nie die accessorischen Harzbehälter, die den gleichgestalteten Nadeln der Sequoia sempervirens nie fehlen? — Oder wie wollte man die so durchaus verschiedene Stellung dieser Behälter in den äusserlich so ähnlich gestalteten Nadeln von Cryptomeria japonica, Araucaria excelsa und Picea excelsa erklären? — Vorkommen und Anordnung der Harzgänge sind bei den verschiedenen Ordnungen der Coniferen typisch verschieden. Die Bedeutung der Blattform ist nicht zu verkennen; aber sie ist nicht das wesentliche, sondern nur ein untergeordnetes Moment.

Sciadopitys steht, wie durch seine zweinervigen Nadeln, so auch durch die Lage der Harzbehälter in denselben isolirt unter den Cupressineen (resp. Sequoieen). Eine grössere Zahl (gewöhnlich zehn) Harzgänge verlaufen parallel der Längsrichtung des Blattes, auf allen Seiten desselben, nahe der Oberhaut. Es erinnert dieses Verhalten zunächst an die Harzgänge der Pinusnadeln. Leider standen

von der kostbaren Pflanze nur wenige Nadeln der Untersuchung zu Gebote; doch glauben wir, dass dieselben genügten, den Typus der Harzganglage der Sequoieen an ihnen festzustellen. Den gemeinsamen Plan zu finden, muss man von den möglichst gleichartigen Bedingungen ausgehen; man darf nicht einnervige Blätter zweinervigen vergleichen. Es wurde aber früher erwähnt, dass die ersten Laubblätter der Sciadopitys einnervig sind. Dieselben besitzen auch 6 bis 10 Harzgänge; nach der Spitze des Blattes zu bleiben aber dieselben drei Harzgänge übrig, deren Lage als charakteristisch für die abstehenden Nadeln von Sequoia sempervirens bezeichnet wurde. — Dass der untere mittlere, d. i. der wesentliche Harzgang der Cupressineen und Sequoieen an den späteren Nadeln von Sciadopitys fehlt, darf uns bei der starken Einschnürung, welche das Blatt gerade in der Mitte von oben und unten erfährt, nicht verwundern. Es würden also die sämmtlichen Harzgänge dieser Nadeln als accessorische zu bezeichnen, und das Vorkommen des wesentlichen als auf die ersten Laubblätter beschränkt, anzusehen sein.

II. Abietineen.

Bei der ausserordentlichen Regelmässigkeit des Auftretens zweier seitlicher Harzgänge in den Blättern der Abietineen ist die Ausnahme, welche die Gattung Tsuga Carr. (mit Ausschluss von Tsuga Douglasii Carr.) macht, höchst auffällig. Die Nadeln von Ts. Brunoniana und Ts. canadensis (von Ts. Sieboldii standen uns leider keine dergl. zu Gebote) besitzen stets einen unteren, mittleren Harzgang, wie er für die Cupressineen typisch ist; nie aber seitliche. Es ist dies ein Beweis für die Richtigkeit der systematischen Anordnung der Coniferen, wie sie Carrière giebt, im Gegensatz zu der von Gordon (The Pinetum, 1858) aufgestellten. Carrière stellt die Gattung Tsuga an die Spitze der Abietineen, den Cupressineen zunächst. Ebenso richtig lässt er, durch die vorragenden Bracteen geleitet, die Abtheilung Peucoides Spach. (mit der einzigen Art Tsuga Douglasii Carr.) den Uebergang zu der Gattung Abies bilden. Die Nadeln von Tsuga Douglasii besitzen nämlich constant die zwei seitlichen Harzgänge und nie den mittleren. Aber die Vereinigung des durch die ganze Familie der Coniferen hindurchgehenden Gegensatzes in der Lage der Harzgänge innerhalb einer Gattung muss unnatürlich erscheinen. Will man nun nicht aus dieser Species eine besondere Gattung machen, so müssen wir sie, trotz der hängenden Zapfen, als der Gat-

tung Abies näher denn der Gattung Tsuga Sect. Micropeuce Spach. stehend betrachten; — um so mehr, als sie durch ihre weit hervorragenden Bracteen, sowie durch ihren Habitus unter Tsuga ebenso isolirt steht, als dies durch die hängenden Zapfen unter Abies der Fall sein würde. — Die frühere Bezeichnung Abies Douglasii Lindl. möchte daher wieder aufzunehmen sein.

Keine Gattung unter den Coniferen ist bei gleich grosser Anzahl Species so einförmig in Bezug auf die Blattharzgänge als die Gattung Abies. Bei keiner der zahlreichen untersuchten Nadeln der verschiedensten Arten wurden die beiden seitlichen Harzgänge vermisst, bei keiner fand sich ein accessorischer. Jene verlaufen in der Regel an der Oberhaut der unteren Blattfläche nahe den seitlichen Kanten. Die Harzgänge der Ab. siberica sind mitten in das Parenchym eingebettet und erreichen zugleich das Maximum der Weite unter der Gattung Abies; ihr Durchmesser beträgt häufig $\frac{1}{6}$ Mm., d. i. ein Drittel der Dicke des ganzen Blattes an den betreffenden Stellen.

In Folge der seitlichen Zusammendrückung hat bei den Nadeln von Picea eine grosse Inconstanz im Vorhandensein der Harzgänge statt. Man hat dieselben wenig unterhalb der Seitenkanten der Nadeln unmittelbar unter der Oberhaut zu suchen. Die Inconstanz offenbart sich einerseits in der häufigen Unterbrechung des Längsverlaufes, andererseits in dem gänzlichen Fehlen der Harzgänge. Letzteres ist der gewöhnliche Fall bei Picea excelsa var. viminalis. Unter zehn Nadeln dieser Conifere hatten durchschnittlich immer neun gar keinen Harzgang, und nur eine zeigte einen, sehr selten beide. (Hartig a. a. O. giebt die Abbildung eines Nadelquerschnittes von Picea excelsa mit nur einem seitlichen Harzgang.) — Picea caerulea bietet umgekehrt ein Beispiel vollkommen constanten Vorhandenseins der zwei Harzgänge. Auch verlaufen dieselben in den Nadeln dieser Art bis zur Spitze, während sie bei Picea excelsa meist nur bis zur halben Höhe des Blattes reichen. In entgegengesetzter Richtung enden sie wie bei allen abfallenden Coniferennadeln vor der Abgliederungsstelle. — Accessorische Harzgänge wurden bei Picea nur an den flachen Nadeln gefunden, welche zuweilen an den Enden der Gipfeltriebe schopfartig gedrängt vorkommen. Es lagen jederseits noch ein bis zwei Harzgänge an der Oberhaut der Unterseite und zwar zwischen dem wesentlichen Harzgang und dem unteren Mittelkiel der Nadel; nicht aber da, wo der für die Cupressineen typische Harzgang verlaufen würde. — Durch ihre Blattform isolirt unter der Gattung Picea steht P. Jezoensis Carr. Das äussere Ansehen ihrer

Blätter möchte sogar noch eher an Podocarpus (Totara, Bidwilli) erinnern, als an eine Abietinee. Der anatomische Bau zeigt aber auf das bestimmteste die Natur der letzteren. Es finden sich nämlich zwei seitliche Harzgänge (ganz wie bei Abies), ein mehrweniger getheiltes Leitbündel, sowie alternirende seitliche Porenkanäle in den Oberhautzellen, — Merkmale, die den Podocarpeen nie und in ihrer Gesammtheit nur den Abietineen zukommen.

In den Blättern der Larix und Cedrus liegen die Harzgänge wie bei Picea; accessorische wurden nicht beobachtet.

Grosse Mannigfaltigkeit bietet die Gattung Pinus. Den Blättern der bisher besprochenen Abietineen zu vergleichen sind die primären, die einfachen Blätter der Pinus, wie man sie stets an 1—3jährigen Pflanzen findet. In ihnen verlaufen in der Regel die zwei seitlichen Harzgänge wie bei Abies an der unteren Oberhaut, aber ungleich weiter von den seitlichen Kanten entfernt als in den Tannennadeln, wegen der grösseren Zuschärfung des Blattrandes. Nicht selten finden sich neben diesen wesentlichen Harzbehältern noch jederseits je ein Harzgang, die in ihrem Verlauf als accessorische sich zu erkennen geben. Bei Picea liegen dieselben zwischen den wesentlichen Harzgängen und der unteren Mittelkante; hier verlaufen sie zwischen jenen und den Seitenkanten. Ein unterer mittlerer Harzgang wurde auch hier nie beobachtet.

In den zu mehreren beisammen stehenden Nadeln findet man fast immer die zwei seitlichen Harzgänge im Parenchym nahe den seitlichen Kanten (Pinus excelsa). Den Nadeln der P. Pinea fehlen auch diese gewöhnlich. Die accessorischen Harzgänge erscheinen je nach der Form des Nadelquerschnittes an verschiedenen Stellen. Bei den zu fünfen stehenden Nadeln tritt der erste accessorische Harzgang in der dritten (nach innen gewendeten, d. i. oberen) Kante auf (P. Cembra, P. Gordoniana). Der zweite verläuft dann, ebenso wie der erste bei gezweiten Nadeln (P. halepensis), an der Aussenseite (Unterseite) des Blattes zwischen den beiden wesentlichen Harzgängen. — Bei den gedreiten Nadeln treten meist zwei accessorische zugleich auf, ein oberer und ein unterer.

Man kommt zu der Feststellung dieser Regeln theils durch die Beobachtung von solchen Nadeln, die überhaupt nur ein oder zwei accessorische Harzgänge besitzen, theils durch die Untersuchung solcher mit sehr zahlreichen Harzgängen, deren früheres oder späteres Endigen nach der Spitze des Blattes zu durch aufeinander folgende Querschnitte bestimmt wird. Der Einfluss der Blattform und der

Grösse der Schutzscheide des Leitbündels fällt dabei sogleich auf. Die Harzgänge finden sich da, wo das Parenchym am stärksten entwickelt, am dicksten ist. Vermehrt sich ihre Zahl, so rücken sie, mit Ausnahme der in ihrer Lage unveränderlichen zwei wesentlichen, häufig etwas zur Seite, — machen, so zu sagen, dem neuhinzukommenden Harzgang Platz, und bleiben deshalb immer nahe gleichartig ringsum vertheilt. Es ist hieraus zu folgern, dass nicht nur die accessorischen Harzgänge sich später bilden als die primären (was auch bei Sequoia sempervirens beobachtet wurde), sondern dass auch die accessorischen nicht alle zu gleicher Zeit entstehen. — Wenn wir darnach eine gradweise Abstufung auch für die accessorischen Harzbehälter annehmen, und damit den Unterschied zwischen diesen und den wesentlichen als einen nur relativen hinstellen, so könnte man daraus folgern, dass jene Rubricirung überhaupt unnatürlich sei. — Die fast ausnahmslose Regelmässigkeit des alleinigen Vorkommens der zwei seitlichen Harzgänge bei den vorher betrachteten Abietineen verlangt aber, diese Harzbehälter, behufs der Feststellung des Gemeinsamen, des Typischen der Ordnungen, besonders hervorzuheben und besonders zu bezeichnen. Bei einer Zusammenstellung mit den Cupressineen leuchtet dies von selbst ein. Bei letzteren macht die Einzahl, bei den Abietineen die Zweizahl den Anfang.

II^{b}. Araucarieen.

Die mehrnervigen Blätter der Dammara und der drei betreffenden Arten von Araucaria haben in der Lamina die Harzgänge in der früher angedeuteten Weise zwischen den Nerven. Treten accessorische Harzgänge auf, so verändern dieselben auch hier die Lage der wesentlichen nicht. Sie verlaufen dann in der Nähe jener, etwas ober- oder unterhalb derselben.

Die einnervigen Nadeln von Araucaria excelsa, A. Cookii und A. Cunninghami folgen, so weit sich dies nach den vierkantigen oder seitlich comprimirten Nadeln der jüngeren Bäume entscheiden lässt, in der Stellung der Harzgänge dem Typus der Abietineen (?). Ar. excelsa und A. Cookii besitzen im unteren Theil der Nadeln in der Regel vier leicht zu übersehende Harzgänge von sehr geringem Durchmesser, welche nahe den vier Kanten in das Parenchym eingebettet sind, seltener an der Schicht verdickter Zellen verlaufen. Ebenso verhalten sich stielrunde Nadeln von Araucaria Cunninghami. Die stark seitlich comprimirten Blätter derselben Art besitzen nur zwei

Harzgänge, einen oberen und einen unteren. Das hier stattfindende Verschwinden der beiden wesentlichen seitlichen Harzgänge wäre der oben erwähnten gleichen Erscheinung bei Picea excelsa var. viminalis zu vergleichen. — Nur in einem Falle wurden mehr als vier Harzgänge beobachtet, nämlich sechs und zwar an den sehr starken Nadeln eines angewurzelten Seitenzweiges von Ar. excelsa. Die hinzukommenden zwei verliefen ebenfalls nahe den seitlichen Kanten.

III. **Podocarpeen.**

Dieser Ordnung gehören nur die drei Gattungen Podocarpus, Saxe-Gothaea und Dacrydium an. — Schon früher wurde der accessorischen Harzgänge Erwähnung gethan, die bei Pod. macrophylla und P. salicifolia neben dem wesentlichen, mittleren und ebenfalls noch zwischen Leitbündel und unterer Oberhaut zuweilen auftreten. — Bei manchen Arten derselben Gattung (chinensis, ensifolia) ist der wesentliche Harzgang überhaupt nur im unteren Theil des Blattes vorhanden und selbst da wegen seiner geringen Weite leicht zu übersehen. — Die Mehrnervigkeit der Blätter des Tribus Nageia stört, wie es scheint, den Typus dieser Ordnung nicht. An einem trocknen Blatte von Podocarpus Nageia waren keine Harzgänge zwischen den Blattnerven zu erkennen — im Gegensatz zu den übrigen mehrnervigen Coniferenblättern. In der stielartig verschmälerten Blattbasis schienen unmittelbar unter jedem der dicht gedrängten Leitbündel ein bis drei Harzgänge zu verlaufen. Doch bedarf dieses Resultat noch einer Bestätigung durch Untersuchung frischer Blätter.

Die beiden anderen Gattungen zeigten immer nur einen Harzbehälter unter dem Blattmittelnerv.

IV. **Taxineen.**

Diese letzte Ordnung, von welcher Hartig (indem er auch Ephedra dahin rechnet, a. a. O. S. 97) aussagt, dass ihr die Harzbehälter gänzlich fehlten, umschliesst die Gattungen Phyllocladus, Salisburia, Cephalotaxus, Torreya und Taxus, von denen die erste, wegen der gänzlichen Unterdrückung der Blattbildung, hier nicht in Betracht kommt. Der Gattung Taxus allein fehlen die Harzgänge völlig. Bei Cephalotaxus und Torreya ist der als wesentlich bezeichnete constant und stets allein vorhanden. — In der Lamina des Salisburiablattes verlaufen die Harzgänge, vielfach unterbrochen, zwischen den

Nerven und diesen parallel. (Zuccarini bildet sie ab a. a. O. Taf. II Fig. 5 und bezeichnet sie als „abgesetzte lange Zellen“.) Sie sind schon mit unbewaffnetem Auge bei durchfallendem Lichte leicht zu erkennen. Im Blattstiel wechselt Zahl und Lage der Harzgänge ausserordentlich. Häufig findet man nur zwei, die den beiden seitlichen der Pinusnadeln in ihrer Lage vollkommen entsprechen. Wir bezeichnen dieselben als wesentliche, da sie auch am Grunde der Knospenschuppen von Salisburia (welche den einfachen Nadeln der Pinus völlig homolog) constant zuerst auftreten.

Diese Trennung der Gattung Salisburia von den übrigen Taxineen und Gleichstellung mit den Abietineen befremdet wenig, wenn man sich der vollkommenen Uebereinstimmung ihrer Wachsthumsverhältnisse mit denen der Gattung Larix erinnert.

Harzgang und Leitbündel. — Die Harzgänge der primären Rinde.

Die Beziehung der Harzgänge zu den Leitbündeln ist von besonderer Wichtigkeit für die Ansicht über die Entstehung jener. — Auch scheint einer irrthümlichen Auffassung der Harzgänge als Theile des Leitbündels, wie sie bei der Betrachtung eines Nadelquerschnittes oft sehr nahe liegt, die Vermuthung Schacht's (Lehrbuch II S. 122) entsprungen zu sein, dass den Blättern der Cupressineen und Taxineen die Harzgänge fehlten.

Soweit uns bekannt, ist es die Abhandlung Wigand's „die Desorganisation der Pflanzenzellmembran“ (in Pringsheim's Jahrbüchern Bd. III Heft 1 1861), die zuletzt die Genesis der Harzbehälter behandelt hat und zu dem Resultate kommt, dass das Harz in ihnen kein Secretionsprodukt sei, sondern gleich dem Traganth (vgl. Mohl, Bot. Zeit. 1857 S. 33 ff.) durch eine regressive Metamorphose aus dem Zellstoff entstehe, — durch Verflüssigung der Wände derjenigen Zellen, welche die Stelle im Gewebe der Pflanze, die uns den Harzgang zeigt, vorher erfüllten. Wenn sich Wigand hierdurch in einen Gegensatz stellt zu den Ansichten Meyen's (Secretionsorgane S. 19), v. Mohl's (Ueber die Gewinnung des venetianischen Terpenthins, Bot. Zeit. 1859 S. 333) und Schacht's (Baum. 1853 S. 221 f.), welche Autoren die Harzgänge als Intercellularräume betrachten und eine

Secretion von Seiten der Zellen des sie auskleidenden Epithels annehmen, — so ist zunächst hervorzuheben, dass Wigand die Harzgänge des Holzes, v. Mohl und Schacht die der primären Rinde und der Blätter im Auge hatten. Wenn Wigand aber sein Resultat auf die Harzgänge im Allgemeinen ausdehnt, so stützt er sich dabei auf Karsten's Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Harzganges im Blatt von Podocarpus salicifolia. (Vegetations-Organe der Palmen. Abhandl. der Berliner Akademie 1847 S. 208 u. 231, Taf. VII Fig. 3—5.) In einer späteren Abhandlung erkennt Karsten (Poggendorf's Annalen 1860 Heft 4 S. 642 Anmerkung) die von v. Mohl und Schacht aufgestellte Entwicklungsgeschichte der Harzgänge für die Blätter der Abietineen an und folgert daraus, dass die Abietineen in dieser Beziehung im Gegensatz zu den von ihm untersuchten Coniferen ständen.

Es würde nun die Meinung nahe liegen, der mittlere Harzgang sei stets zum (Gefäss- resp.) Leitbündel gehörig im Gegensatz zu den seitlichen, — und den Blättern von z. B. Sequoia sempervirens kämen beide Arten von Harzbehältern zu. — Die Cupressineen liefern aber, wie früher angeführt, zahlreiche Beispiele mittlerer Harzgänge, die in ihrem ganzen Verlauf vom Leitbündel durch chlorophyllführendes Parenchym getrennt sind (Juniperus), also unmöglich durch Desorganisation einer dem Leitbündel angehörigen Bastzelle oder dergl. entstanden sein können. Wie vorsichtig man selbst bei der Beurtheilung der unmittelbar an der Unterseite des Blattleitbündels verlaufenden Harzgänge sein muss, beweist der oben ausgeführte Vergleich jüngerer und älterer Nadeln von Cryptomeria. Wo eine derartige Verschiedenheit in den Nadeln ungleichen Alters nicht beobachtet werden konnte, gab meist die Verfolgung des Harzganges in das Blattkissen und die primäre Rinde hinab Aufschluss.

Bei den Coniferen, deren Nadeln sich nicht abgliedern, verlaufen die Harzgänge fast ausnahmslos bis in die primäre Rinde, und zwar oft mit anfangs zunehmender Weite (Podocarpus chinensis), um dann mehr oder weniger nahe dem Leitbündelkreis blind zu enden; — d. h. die Harzgänge der primären Rinde einjähriger Zweige dieser Coniferen enden nach oben in den Blättern. Man kann dann aus der Lage der Harzgänge im Zweigquerschnitt die Blattstellung erkennen; um so mehr, als die Länge der Harzgänge in Blattkissen und primärer Rinde gewöhnlich nahe gleich ist dem Abstande der Windungen der Spirale, in welche die Blätter gestellt sind (z. B. Glyptostrobus). Bei noch beträchtlicherer Länge der Harzbehälter

giebt ihre grössere oder geringere Entfernung vom Leitbündelkreis Aufschluss über ihre Abkunft (Cunninghamia); es sei denn, dass das Auftreten accessorischer Harzgänge in der primären Rinde die Regelmässigkeit trübe. Es folgt hieraus zugleich, dass die Ansicht Meyen's (Secretionsorgane S. 20; Physiologie I S. 320): die Harzgänge bildeten ein System communicirender Behälter, falsch ist für die Blätter [1]) und die wenig-jährigen Zweige. Ob in späterem Alter noch Verbindungen zwischen denselben entstehen, ist eine ausserhalb unseres Gebietes liegende Frage.

Harzgang und Leitbündel sind nun häufig in der primären Rinde durch Parenchym von einander getrennt, während die Anatomie des Blattes keine solche Trennung zeigt. Dies gilt für alle oben noch nicht eingeschlossenen Cupressineen, soweit sie der Untersuchung zu Gebote standen, mit Ausnahme von Cunninghamia; dies gilt auch ferner für Cephalotaxus Fortunei. — Es bleiben nur die Podocarpeen, ferner die Gattungen Torreya und Tsuga Sect. Micropeuce, sowie Cunninghamia, für welche die Zusammengehörigkeit von Harzgang und Leitbündel anatomisch nicht widerlegt worden. Hier würde die Entwicklungsgeschichte einzutreten haben. Aber es möchte zu bezweifeln sein, dass dieselbe bei allen als fraglich hingestellten Gattungen zu demselben Resultate führt, zu welchem Karsten bei Podocarpus salicifolia gelangte. Die nur bei Podocarpeen gefundene Lage der accessorischen Harzgänge unter dem Leitbündel spricht für Karsten's Resultate und scheint zugleich einen scharfen Unterschied zwischen dieser Gattung und den Cupressineen zu ziehen.

Im Vorangehenden berücksichtigten wir die Desorganisations-Hypothese nur in Betreff derjenigen Harzgänge, welche unterhalb der Leitbündel liegen. In Rücksicht der ganz in Chlorophyll-führendes Parenchym eingebetteten Harzbehälter ist jene Hypothese unseres Wissens nie begründet worden. Wir wollen daher nicht unter-

---

1) An einem Blatte der primären Achse von Pinus Gerardiana wurde ein accessorischer Harzgang beobachtet, der 10 Mm. lang so dicht neben dem primären verlief, dass nur zwei Zellschichten, nämlich ihre beiden Epithele, die zwei Intercellurarräume von einander trennten, — ohne dass diese letzteren irgendwo communicirten. Nach der Blattspitze zu endete der accessorische Harzbehälter zuerst, und zwar blind, nachdem bis dahin sein Durchmesser stetig abgenommen; — und in seinem weiteren Verlauf nach der entgegengesetzten Richtung, nach der Blattbasis hin, trennte ihn Parenchym vom wesentlichen Harzgang.

lassen, noch der scheinbaren Stützen zu gedenken, welche für dieselbe in dieser Beziehung sich aus einem Vergleiche der Coniferennadeln mit den Cycadeenblättern ergeben.

Im Blattparenchym von Ceratozamia mexicana verlaufen parallel den Nerven zahlreiche, langgestreckte, bastartige Zellen. Ein Längsschnitt, parallel der Fläche aus der Mitte des Blattes genommen, hat daher ein leiterartiges Ansehen; die Zellen des quergestreckten Parenchyms bilden die Sprossen der Leiter, Nerven und Bastzellen ihre Längsstangen. Nun findet man, und zwar am häufigsten in der Blattmitte und in gleichem Abstand von zwei Nerven, die bastartigen Zellen mit rothbraunem Inhalt; je reichlicher dieser vorhanden, desto geringer ist die Dicke der Wandung. Zuweilen sieht man die Zelle in eine rothbraune Masse ohne alle Wandung enden: die Zellwand ist vollständig desorganisirt.

Bei Encephalartos (horridus, Altensteinii) verlaufen an den entsprechenden Stellen, nämlich zwischen den Nerven und denselben parallel Gummigänge, deren Lumen von langgestreckten, dünnwandigen, chlorophyllleeren Zellen umgrenzt wird.

Sollte man da nicht glauben, den Uebergang zu den Harzgängen der Araucaria, Dammara und Salisburia zu besitzen?

Wir zweifeln an der Richtigkeit eines hieraus zu ziehenden Analogieschlusses, indem der Uebergang von Ceratozamia zu Encephalartos nur ein scheinbarer ist. Denn es zeigen weder die Blätter der Ceratozamia eine Veränderung der Parenchymzellen in der Umgebung der, bis zum Verschwinden jeder Membran metamorphosirten, bastartigen Zellen, — noch sind uns ähnliche Bastzellen aus dem Parenchym des Blattes von Encephalartos bekannt.

Ohrdruf bei Gotha, im August 1863.

Beiträge
zur Entwickelungsgeschichte der laubigen Lebermoose

von

Dr. L. Kny.

(Als Inauguraldissertation der philosophischen Facultät von Berlin im April 1863 überreicht.)

Obschon noch keine 200 Jahre verflossen, seit sich die Pflanzenphysiologie als selbstständiges Glied von dem weiten Felde botanischer Forschung abzuzweigen vermochte, konnte sich doch vor wenig Decennien innerhalb derselben eine neue Sonderung in zwei scharf gegen einander abgegrenzte Gebiete vollziehen, von denen nun jedes seine weitere Ausbildung fast unabhängig von dem anderen erfährt. Sowohl historisch, als der Natur der Sache nach, bildet der erste dieser Zweige, die Physiologie der vegetabilischen Zelle, die Grundlage, auf der die Entwickelungsgeschichte der ganzen Pflanze erst dann selbstständig erwachsen konnte, nachdem die wahre Natur und Bedeutung des Elementarorgans in ihren Hauptzügen erkannt und allgemein gewürdigt war. Während sich die Physiologie im engeren Sinne mit der einzelnen Zelle als Individuum beschäftigt, die Bedingungen ihres Entstehens und ihrer organischen Ausbildung erforscht, die Wachsthumserscheinungen der Membran, sowie die Umbildung des flüssigen und festen Inhaltes, soweit es ihr möglich ist, aus dem Zusammenwirken chemischer und physikalischer Kräfte zu erklären versucht und die Zelle so weit geleitet, bis sie die Summe der von aussen aufgenommenen und in ihr unter neuen Formen enthaltenen Kräfte und Stoffe auf zwei oder mehrere neue Generationen zu vertheilen vermag oder in der andauernden Verdickung und häufigen

Verholzung ihrer Membran ihr Lebensziel erreicht und dann abstirbt; knüpft die Entwickelungsgeschichte der ganzen Pflanze an die Theilungsfähigkeit der Zelle an, sucht die Neubildung und das Wachsthum der Organe, aus denen sich der Pflanzenorganismus aufbaut, auf die gesetzmässige Theilung dieser Zellen zurückzuführen und betrachtet es als ihre letzte Aufgabe, die Gesetze zu erforschen, nach denen durch Verzweigung der vegetativen Achse oder durch geschlechtliche Fortpflanzung neue Pflanzengenerationen aus ihren Stammeltern hervorgehen. Obwohl später begründet, als die Physiologie der Zelle, hatte sich die Entwickelungsgeschichte in neuester Zeit einer regeren Theilnahme und vielseitigeren Bearbeitung zu erfreuen als ihre Schwesterwissenschaft; doch war es nur wenigen Forschern gelungen, die Gesetze der Zelltheilung beim Wachsthum der Pflanzenorgane bei einzelnen Gruppen nachzuweisen und mit aller Strenge durchzuführen. Wie für die Beantwortung so vieler anderer Fragen, bildeten auch hier die niedrigsten Pflanzen die Grundlage, an der sich eine neue Methode der Forschung heranzubilden und zu bewähren hatte. Sieht man von den Pilzen und Flechten ab, deren eigenthümlich ausgebildetes Filzgewebe sich in seinem Entwickelungsgange einer gesetzmässigen Betrachtung vollkommen entziehen zu wollen scheint, so waren es zuerst die Algen, bei denen eine genauere Untersuchung zu entschieden günstigen Resultaten führte. Man beobachtete bei ihnen die Keimung der Spore, verfolgte mit aller Genauigkeit die gesetzmässige Richtung der Zelltheilungen und ist nun auf dem besten Wege, unter gleichmässiger Berücksichtigung des morphologischen Aufbaues der Pflanze aus ihren Formelementen und der Entwickelung ihrer Fructificationsorgane eine naturgemässe Anordnung dieser grossen und vielgestaltigen Familie zu entwerfen. Durch diese glänzenden Erfolge ermuthigt, wandte sich die Forschung sehr bald einen Schritt höher zu den so lange fast unbeachtet gebliebenen Lebermoosen, deren genaueres Studium, da sie die zwei grossen Gebiete der Thallus- und Stengel-bildenden Pflanzen mit einander verbinden, besonders fruchtbringend zu werden versprach. Der Weg, den die Wissenschaft auf diesem schwierigen Gebiete zu betreten hatte, wurde zuerst von Nägeli in seiner „Wachsthumsgeschichte der Laub- und Lebermoose" (Schleiden und Nägeli, Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik II S. 138) näher bezeichnet. Das Studium der Entwickelungsgeschichte, dem bisher jede strenge Begründung gefehlt hatte, wurde hier zum ersten Male in festbestimmte Bahnen gewiesen. Jede Zelle erhielt in streng mathemati-

scher Weise die Bezeichnung, welche ihrer Stellung beim Aufbau des Organismus entspricht; und obschon Nägeli selbst die Entwickelung nur weniger Organe bei einzelnen Lebermoosen verfolgte, so bildet seine Arbeit doch die Grundlage, auf der allein andere Männer mit Erfolg weiter bauen konnten. Was die Untersuchungen Hofmeister's auf unserem Gebiete geleistet, ist allgemein anerkannt. Sie hatten es sich zur Aufgabe gestellt, die Entwickelung der Vegetations- und Fructificationsorgane bei allen fünf Hauptgruppen der Lebermoose zu erforschen, sind aber in der Lösung dieser zwei Hauptfragen verschieden glücklich gewesen. Während das, was Hofmeister über Entstehung und Ausbildung der Antheridien, Archegonien, der in letzteren sich entwickelnden Fruchtanlagen und ihrer Hüllorgane giebt, noch unübertroffen dasteht, ist das Wachsthum und die Verzweigung der Laubachsen, soweit ich dieselben zu untersuchen Gelegenheit hatte, nicht immer richtig und zuweilen viel complicirter dargestellt, als es in der Natur begründet ist [1]). Wenn ich nun auch, wie aus Nachfolgendem ersichtlich wird, in manchen wesentlichen Punkten zu anderen Resultaten gekommen bin als Hofmeister, so wird man doch bemerken, dass ich seine Angaben noch öfter vollkommen bestätigen konnte, und ich erkenne es gern und dankbar an, dass seine Arbeiten den meinigen überall zum Ausgangspunkt geworden sind. Nachstehende Untersuchungen, welche sich zunächst aaf die unbeblätterten Jungermannien beziehen, sind bestimmt, die Fragen nach dem Wachsthum und der Verzweigung der Laubachsen ihrer Lösung um ein Geringes näher zu führen. Ich ging hierbei, sowohl in meinen Beobachtungen, als in der Darstellung, von dem einfachen Falle, wie ihn Metzgeria bietet, aus, um durch Auseinandersetzung ihrer Wachsthumsgesetze für die Betrachtung der Entwickelung aller höheren Formen, die sich in so vieler Beziehung auf sie zurückführen lassen, eine sichere Grundlage zu gewinnen. Wenn ich deshalb im ersten Theil meiner Abhandlung bei Erörterung bereits bekannter Thatsachen etwas ausführlich verweile, so wird mich, wie ich hoffe, noch der Umstand entschuldigen, dass ich die von Nägeli (Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik II S. 17) vorgeschlagene Terminologie, welche sich aus vielen Gründen weit mehr als seine frühere empfiehlt, hier zum ersten Male ausge-

1) Die Zusätze und Berichtigungen zu seinen früheren Untersuchungen, welche Hofmeister in Pringsheim's Jahrbüchern III, 2 veröffentlicht hat, betreffen wohl die Entwickelung des Stengels beblätterter Muscineen und höherer Gefässkryptogamen, nicht aber das Wachsthum der Laubachsen der blattlosen Lebermoose.

dehnter in Anwendung bringe. Ebenso schien es deshalb gerathen, bereits beschriebene Wachsthumsverhältnisse in die Darstellung aufzunehmen, weil eine gewisse Vollständigkeit und Abgeschlossenheit derselben wesentlich zur Erleichterung eines übersichtlichen Verständnisses beitragen wird. Vielleicht darf hier noch hinzugefügt werden, dass alles Mitgetheilte auf genauer und wiederholter mikroskopischer Prüfung beruht, und dasjenige, was in der Deutung der erhaltenen Präparate sich nicht als neu ankündigt, wenigstens auf den geringen Werth einer Bestätigung der früheren Auffassungen Anspruch machen darf.

Herrn Professor Nägeli, meinem hochverehrten Lehrer, dessen freundlicher Rath mich während eines grossen Theiles meiner Untersuchungen so wesentlich unterstützt hat, und welchem deshalb diese Abhandlung in ihrer ursprünglichen Form gewidmet war, spreche ich hier nochmals meinen aufrichtigen Dank aus.

Metzgeria furcata N. ab E.

Die in dichtem Rasen wachsenden Pflänzchen stellen eine einfache Zellschicht von geringer, bei den einzelnen Formen verschiedener Breite dar, welche ihrer Länge nach von einer scharf begrenzten, 3—6 Zellschichten starken Mittelrippe durchzogen wird, mit der sie sich in weiteren Abständen anscheinend regelmässig dichotomisch verzweigt. An der Unterseite des Mittelnerves entspringen, nahe dem Vorderende des Sprosses, zwei Reihen kurzer, einzelliger, keulenförmiger Haare (Taf. V Fig. 2 u. 6), die sich, wo sie dem Längenwachsthum desselben voraneilen, an ihrem vorderen, freien Theile nach aufwärts krümmen und hierdurch die Vorgänge in der Scheitelregion einigermassen verdunkeln. Weiter unten entsendet die Mitte der Laubachse zahlreiche Faserwurzeln von unbestimmter Zahl, die eine einfache Verlängerung der Zelle bilden, aus der sie ihren Ursprung nahmen, und an ihrem unteren Ende bei unmittelbarer Berührung einer festen Unterlage in eine vielfach gelappte Haftscheibe ausgehen. Ausserdem treten an den Randzellen meist noch andere Haarbildungen eigenthümlicher Art auf, die indess in ihrer Anordnung keinerlei Regelmässigkeit verrathen und deshalb in Folgendem übergangen werden.

Die Scheitelzelle (Cellula verticalis = V), welche allein das Längenwachsthum des Sprosses vermittelt, liegt bei üppigen Exemplaren mit normaler Verzweigung und ohne Bildung von Adventivspros-

sen, immer in einer sanften Einbuchtung am Ende der Frons, genau an der Stelle, wo der Mittelnerv ausgeht (Taf. V Fig. 2 a u. b). Dürftigere Exemplare, besonders solche, die sich durch seitliche Prolificationen vermehren und ein beschränkteres Breitenwachsthum zeigen, tragen die Scheitelzelle an ihrer freien Spitze (Taf. V Fig. 3). Sie ist durch ihren Gehalt an feinkörnigem, grünlich gefärbtem Plasma ohne deutlich umgrenzte Chlorophyllkörperchen von dem älteren Gewebe verschieden und besitzt, von der Fläche gesehen, annähernd die Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks mit nach vorn gerichteter freier (concaver oder convexer) Basis und schwach gebogenen Seitenwänden, die von dem benachbarten Zellgewebe unmittelbar begrenzt sind. Ist der Spross in normalem Längswachsthum begriffen, so theilt sich die Scheitelzelle durch eine Wand, welche einer ihrer Seitenwände parallel ist und auf der Ebene des Laubes senkrecht steht, in eine neue Scheitelzelle des zweiten Grades und eine erste Randzelle (cellula marginalis = M) des ersten Grades

$$V^1 = V^2 + {}_1M^1.$$

Die neue Scheitelzelle ist der früheren physiologisch vollkommen gleichwerthig; in ihr wiederholt sich bald darauf der nämliche Vorgang, jedoch mit dem Unterschiede, dass die nun auftretende Scheidewand nicht gleiche Richtung mit der vorigen hat, sondern ihr fast rechtwinklig aufgesetzt ist, dagegen mit der zweiten Seitenfläche der Scheitelzelle des ersten Grades parallel verläuft (Taf. I Fig. 1). Die so entstehende dritte Scheitelzelle verhält sich der ersten wieder analog, die vierte der zweiten u. s. f., woraus im einfachsten Falle ein Organ hervorgeht, dessen Randzellen gegen seine Längsachse abwechselnd nach rechts und links geneigt und einander rechtwinklig aufgesetzt sind. Die gesetzmässige Zelltheilung in der Scheitelregion des Sprosses findet somit ganz allgemein in folgender Formel ihren Ausdruck:

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM^1.$$

Nur in den seltensten Fällen werden die aus der Terminalzelle hervorgegangenen n^{ten} Randzellen des ersten Grades sofort zu Dauerzellen, wie dies bereits Hofmeister für kümmerlich gedeihende Adventiväste als Ausnahmsfall angegeben hat; gewöhnlich sind sie vielmehr ihrerseits von neuem theilungsfähig, wenn auch in begrenzter Weise. Wie aus der Art ihrer Entstehung hervorgeht, besitzen sie drei ebene Flächen, womit sie sich ihren benachbarten Zellen unmittelbar anschliessen, und eine krumme Aussenfläche, welche, indem sie am freien Rande umbiegt, die obere Seite der Laubachse

mit ihrer unteren verbindet. Von der Fläche gesehen, erscheinen sie somit durch vier, nahezu rechtwinklige Linien begrenzt, von denen nur eine frei nach unten liegt. Die erste Theilung der Randzelle ersten Grades erfolgt stets durch eine dem Rande der Frons parallele, ihrer Fläche senkrecht aufgesetzte Scheidewand (Taf. V Fig. 2 und Fig. 2 bei a und b) in eine Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle des ersten Grades (Cellula planaris = P) nach der Formel:

$$M^1 = M^2 + {}_1P^1.$$

Die Randzelle des zweiten Grades, welche von ihrer Mutterzelle eine ähnliche Grundgestalt geerbt hat, kann sich auf zweierlei Weise vermehren. Entweder setzt sich der letztentstandenen Wand eine senkrechte, mit der Längsachse der Randzelle parallel verlaufende Scheidewand auf, wodurch zwei Randzellen des gleichen Grades, aber der zweiten Generation gebildet werden; oder es entsteht durch eine der letztgebildeten parallele Scheidewand neben einer zweiten Flächenzelle (des ersten Grades) eine Randzelle dritten Grades (Taf. V Fig. 1 und Fig. 2 bei a und b).

Beide Vorgänge finden ihren Ausdruck in den Formeln:

$$M^2 = {}^2M^2 + {}^2M^2,$$
$$M^2 = {}_2P^1 + M^3.$$

Von dem Verhältniss, in welchem im weiteren Verlauf der Entwickelung beide Theilungsarten mit einander abwechseln, hängt zum grössten Theil das habituelle Aussehen der Pflanze ab. Erfolgt die Theilung, besonders am Schluss des Breitenwachsthums, häufiger nach der Formel

$$M^n = {}^2M^n + {}^2M^n,$$

so ist die natürliche Folge hievon, dass sich der Rand der Metzgeriapflanze auf Kosten ihres axilen Theiles beträchtlich ausdehnt und sich über der Scheitelzelle zu beiden Seiten erhebt, wodurch diese in eine flachere oder tiefere Einbuchtung zu liegen kommt. Ist indess die Theilung von M^n in $M^{n+1} + {}_nP$ die häufigere, so nimmt die Scheitelzelle ihren Platz am vordersten Ende des Sprosses ein und ragt dann zuweilen mit ihrer Spitze frei nach aussen.

Während sich die Randzellen auf die angegebene Weise gesetzmässig fortentwickeln, hält die Vermehrung der Flächenzellen, welche vier vom Nachbargewebe umschlossene Seitenwände und zwei nach oben und unten liegende freie Aussenwände besitzen, ziemlich gleichen Schritt mit ihnen. Hierbei verhalten sich indess die von den Randzellen des ersten Grades zuerst abgeschiedenen, also inner-

sten Flächenzellen wesentlich anders als die späterer Ordnungen. In diesen tritt zunächst eine der Fläche der ganzen Laubachse parallele Wand auf (Taf. V Fig. 5), wodurch die Flächenzelle in zwei Aussenzellen des ersten Grades (Cellula exterior = E) zerfällt,

$$P^1 = E^1 + E^1.$$

Dieser Theilungsprocess, durch welchen die Bildung des Mittelnerven eingeleitet wird, tritt im günstigsten Falle schon in der dem Scheitel zunächst liegenden ersten Flächenzelle auf, und fehlt nur selten noch der nächst oder zweit älteren; er unterbleibt gänzlich bei kümmerlich gedeihenden Adventivsprossen, welche es gar nicht zur Bildung von Flächenzellen oder doch nicht über die ersten Ordnungen derselben hinausbringen. Jede der neu entstandenen Aussenzellen beginnt nun, sich in der Richtung ihrer freien Aussenwand von neuem zu theilen; die Scheidewand ist, wie vorher, der Ebene der Laubachse parallel (Taf. V Fig. 5), und es entsteht neben einer Aussenzelle des zweiten Grades eine erste Innenzelle (Cellula interior = J),

$$E^1 = E^2 + {}_1J.$$

Hierbei kann die eine der beiden Aussenzellen des ersten Grades der anderen in der Vermehrung vorauseilen, was auch häufig geschieht; es scheint indess nicht, dass dies auf die obere oder untere Seite der Laubfläche ausschliesslich beschränkt ist; und ein solcher Unterschied macht sich in der Folge auch nie in auffallender Weise bemerkbar. Der Mittelnerv besteht nunmehr seiner Dicke nach aus vier Zellschichten. Er bleibt nicht immer dabei stehen, sondern es wiederholt sich vielmehr zuweilen der Theilungsvorgang in einer der oben und unten liegenden Aussenzellen des zweiten Grades oder auch in beiden, wodurch die Dicke der Rippe bis auf fünf oder sechs Zellschichten wächst. Hiermit hat indess der Mittelnerv meist die Grenze seines Dickenwachsthums erreicht, und die weiteren Zelltheilungen in ihm dienen ausschliesslich dazu, seine verschiedenen Schichten zu differenziren. Dies wird besonders dadurch erreicht, dass sich die zuletzt gebildeten Aussenzellen durch Wände theilen, die sowohl gegen die Ebene des Laubes als auch gegen seine Längsachse rechtwinklig gestellt sind (Taf. V Fig. 5), wodurch die Zellen der zwei Reihen, aus denen der Mittelnerv (von oben und unten gesehen) besteht, um die Hälfte kürzer werden ($E^n = {}^2E^n + {}^2E^n$). Die in mehreren Schichten übereinander liegenden Innenzellen theilen sich dagegen durch Längswände, die auf der Laubachse ebenfalls senkrecht stehen, deren Lage aber mit ihrer Wachsthumsrichtung übereinstimmt. Bei einem senkrechten Längsschnitt durch die Mitte der Frons (Taf. V

Fig. 4) erscheinen deshalb letztere um das Doppelte (oder Mehrfache) länger als die nach oben und unten liegenden Aussenzellen, während ein ebenfalls senkrecht geführter Querschnitt nicht weit unterhalb der Scheitelregion gerade das umgekehrte Verhältniss zeigt (siehe bei Hofmeister VI Fig. 55). Die lang gezogenen Innenzellen vergrössern sich in den älteren Achsengliedern fortan nur durch weitere Streckung in die Länge; die Aussenzellen dagegen theilen sich (besonders unterhalb der letzten Gabelungsstelle) noch einigemal durch senkrechte Längs- und Querwände, wodurch ihre Zahl mehr als um das Doppelte vermehrt und ihre Anordnung immer unregelmässiger wird.

Alle Flächenzellen des zweiten, dritten und der nächst höheren Ordnungen betheiligen sich, wie bereits oben bemerkt wurde, nicht an der Bildung der Mittelrippe und besitzen deshalb auch nur eine beschränktere Theilungsfähigkeit. Die Scheidewände treten hier nie parallel, sondern stets senkrecht zur Fläche des Laubes auf. Der seltenere Fall ist, dass sie in der Richtung des Randes verlaufen und so die Breite des Sprosses vergrössern helfen; häufiger kommt es vor, dass ganze Reihen von Flächenzellen, die aus der Theilung einer Randzelle hervorgegangen sind, sich durch Wände theilen, welche der Längsrichtung dieser Randzelle folgen (Taf. V Fig. 8 und 9). Den Theilungen dieser letzten Art hat man es besonders zu verdanken, dass man die Kurven, deren Verlauf mit der Achsenrichtung der von der Terminalzelle ursprünglich abgetrennten Randzellen des ersten Grades wesentlich übereinstimmt, oft noch ziemlich weit unterhalb der Scheitelregion deutlich verfolgen kann.

Bei den eben beschriebenen Theilungsvorgängen sahen wir die Ober- und Unterseite der Laubachse sich vollkommen gleich verhalten. Schon in den jüngeren Theilen tritt indess eine deutliche Verschiedenheit dadurch auf, dass auf der unteren Seite der Frons Haarbildungen verschiedener Art sich zeigen, die bei Metzgeria furcata besonders den axilen und peripherischen Theil derselben einnehmen. Der Faserwurzeln wurde schon oben kurz gedacht. Sie können aus jeder auf der Unterseite der Mittelrippe liegenden Aussenzelle und, nach Hofmeister's Angabe, ebenso aus den Zellen des Randes sich bilden, zeigen indess keine bestimmten Stellungsverhältnisse, so dass ihr mehr oder weniger häufiges Erscheinen bei den einzelnen Formen von Metzgeria einzig von den äusseren Bedingungen ihres Wachsthums abhängig zu sein scheint. Anders verhält es sich mit den kurzen, keulenförmigen, ebenfalls einzelligen Haaren (Taf. V Fig. 2,

4 u. 6), welche immer schon dicht unterhalb der Terminalzelle aus den jungen, kaum erst deutlich angelegten Nerven hervortreten, in der Richtung des Sprosses und demselben innig angeschmiegt, nach vorn wachsen und sich mit ihrem vorderen, freien Ende ein wenig nach oben krümmen. Wie sich bei genauerer Prüfung zeigt, ist ihr Entstehen und somit ihre spätere Anordnung an ein ganz bestimmtes Gesetz geknüpft. Aus jeder von den Randzellen des ersten Grades nach innen abgetrennten ersten Flächenzelle ($_1$P) tritt je eines derselben in Form einer kleinen Papille nach unten vor, trennt sich durch eine Scheidewand von seiner Mutterzelle und hat gewöhnlich schon seine volle Grösse erreicht, noch bevor die Mittelrippe an der betreffenden Stelle ihr Dickenwachsthum beendet hat. Es geht aus dieser Entstehungsweise hervor, dass die keulenförmigen Haare eine regelmässige, alternirend zweizackige Stellung an der Mittelrippe einnehmen müssen, und es lässt sich diese Anordnung in der That selbst ziemlich weit unterhalb der Scheitelregion noch deutlich verfolgen. Die Theilungen, welche die ersten Flächenzellen nach dem Hervortreten der Haare, wie wir oben sahen, in der Ebene des Sprosses noch weiter erfahren und die zuletzt zu der Bildung einer kleinzelligen Epidermis führen, erfolgen mit Rücksicht auf die Haare in der Weise, dass die Scheidewände zwischen ihrer Ansatzstelle und der idealen Achse des Hauptnerven entstehen, wodurch die beiden Reihen der Haare seitlich verlaufen und an älteren Theilen der Laubachse weiter von einander entfernt sind als in der jüngsten Region (Taf. V Fig. 2).

Von ganz besonderem Interesse war es, die so äusserst regelmässige Verzweigung von Metzgeria furcata bis zu ihren Anfängen zu verfolgen und auf die Zelltheilungsgesetze ihres Längen- und Breitenwachsthums zurückzuführen. Nach der Ansicht aller Botaniker bildet unsere Pflanze den Grundtypus einer echten Gabelung. Hierauf bezieht sich vor allem ihr Speciesname; aber auch von älteren und neueren Forschern[1]) wurde dies ausdrücklich und wiederholt hervorgehoben, zuletzt von Hofmeister (vgl. Untersuchungen S. 23). Wäre diese Ansicht die richtige und hätten wir es hier in der That mit einer wahren Dichotomie zu thun, so müsste sich nothwendig die Scheitelzelle auf irgend eine Weise in zwei neue, in Gestalt und Function einander vollkommen gleichwerthige Scheitelzellen theilen, deren jede als Grundlage eines der beiden Tochtersprosse dessen

1) Nees v. Esenbeck, Naturgeschichte der europ. Lebermoose III S. 493.

Fortentwickelung übernehmen würde. Wie ich mich indess an mehreren jungen Sprossenden, die sich soeben zur Verzweigung angeschickt hatten, überzeugen konnte, verhält sich die Sache wesentlich anders. Die Scheitelzelle, welche in der oben beschriebenen Weise durch abwechselnd nach rechts und links gegen die Hauptachse des Sprosses geneigte Wände zwei Reihen von Randzellen von sich abgegliedert hat, die ihrerseits von neuem nach bestimmter Richtung entwickelungsfähig waren, bildet bei beginnender Verzweigung eine neue Randzelle (Taf. V Fig. 8 und 9 bei b), die sich von den vorhergehenden in nichts Wesentlichem unterscheidet, ausser dass sie vielleicht schon von vornherein um ein Geringes breiter ist. Diese Randzelle theilt sich nun, wie gewöhnlich, in eine neue Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle (nach der Formel: $M^n = M^{n+1} + {}_nP$). Während letztere in ihrer Vermehrungsweise mit allen anderen ersten Flächenzellen übereinstimmt, d. h. an der Bildung des Mittelnervs sich betheiligt, an ihrer Unterseite ein keulenförmiges Haar entsendet (Taf. V Fig. 6 u. 7) u. s. f., wird die Randzelle des zweiten Grades zu einer neuen Scheitelzelle, der zwar noch ihre eigenthümliche Gestalt fehlt, in welcher aber schon jetzt die weiteren Theilungen nach dem Gesetz: $V^1 = V^2 + {}_1M$ erfolgen. Die erste Wand ist gegen die Längsachse der zur neuen Scheitelzelle gewordenen Randzelle schwach geneigt, und ihrer unteren Seite, womit sie der ersten Flächenzelle angrenzt, aufgesetzt. In allen beobachteten Fällen wendete sie sich von dem Hauptscheitel des Sprosses ab, so dass, wenn dieser links von ihr lag, sie sich nach rechts neigte, und umgekehrt. Die neue Scheitelzelle des zweiten Grades, die aus dieser Theilung hervorgegangen ist, besitzt ebenfalls noch nicht vollkommen die charakteristische Gestalt einer solchen, ist aber in ihrem unteren Theil schon etwas spitzer. Theilt sie sich von neuem in eine Randzelle und eine Scheitelzelle des dritten Grades, so besitzt nun letztere auch äusserlich alle Merkmale einer solchen: sie ist seitlich von zwei, nach unten in spitzem Winkel zusammenstossenden Zellwänden und nach vorn von einer freien Aussenwand begrenzt. Ist der Theilungsprocess bis zu dieser Stufe vorangeschritten, so gelingt es stets, sich aus der gegenseitigen Lagerung der einzelnen Zellen in der Scheitelregion von der Richtigkeit der obigen Darstellung zu überzeugen. Von besonderer Wichtigkeit ist hierbei die allmählige Abstufung in der Dicke der nacheinander entstandenen Scheidewände: ein Verhältniss, welches sich in der Zeichnung nie vollkommen wiedergeben lässt. Jede der beiden Scheitel-

zellen, von denen die eine dem Hauptspross, die andere dem aus der Randzelle des zweiten Grades hervorgegangenen Zweigspross angehört, entwickeln sich nun, jede für sich, weiter, und gliedern sowohl nach dem Rande zu, als auch nach innen (in der Richtung der anderen) immer neue Randzellen ab (Taf. V Fig. 6, 8 u. 2). Dadurch entfernen sie sich immer weiter von einander, und der sie trennende und ihnen gemeinschaftlich angehörende Mittellappen erhebt sich bei üppigeren Exemplaren ebenso, wie die Seitenränder, über die Scheitelzellen, wenn diese in ihren Theilungen gegen die Vermehrung der Randzellen zurückbleiben. In diesem Mittellappen (Taf. V Fig. 2) lassen sich die Curven, welche auf die gesetzmässige Entstehung der Zellen hindeuten, besonders schön und deutlich verfolgen; sie verflachen sich gegen die Mitte derselben immer mehr und mehr und gehen daselbst zuletzt in eine fast gerade Linie über, die den Mittellappen gewöhnlich nicht genau halbirt. Dies ist in jüngeren Zuständen desselben die einzige Andeutung davon, dass die beiden Tochtersprosse einander nicht vollkommen gleichwerthig sind; bald indess verliert auch dieses Criterium an Deutlichkeit, und nun, wenn der Mittellappen aus 15 oder mehr Zellschichten in der Breite besteht, sieht die Verzweigung einer echten Gabelung täuschend ähnlich, da beide junge Sprosse ganz gleichen Schritt in der Entwickelung mit einander halten. Der mittlere Theil des einschichtigen Lappens, welcher zuerst entstanden ist, hat auch zuerst die Grenze seines Wachsthums erreicht, und die jüngeren Theile überholen ihn sehr bald. Dadurch erheben sich die beiden Tochtersprosse unter einem spitzen Winkel gegen einander aus ihren früheren Vertiefungen, und erst jetzt wird die Verzweigung auch für das unbewaffnete Auge vollkommen deutlich.

Bei dieser gesetzmässigen Verzweigung, der, um ihre innere Natur und ihr äusseres Ansehen zugleich zu bezeichnen, am besten der Name einer „falschen Dichotomie“ ertheilt wird, steht der Mittelnerv des Zweigsprosses mit dem des Haupttriebes in directem Zusammenhange, da sich die von der seitlich neugebildeten Scheitelzelle nach rechts und links abgetrennten ersten Flächenzellen unmittelbar an diejenige erste Flächenzelle anschliessen, welche, indem sie die Basis für den Seitenzweig darstellt, dem Haupttrieb selbst noch vollkommen angehört. Anders verhält es sich bei den sogenannten Adventivzweigen, die, wie bereits aus den Darstellungen von Nägeli und Hofmeister bekannt ist, bei vollkommen erwachsenen Pflanzen aus jedweder Randzelle letzten Grades ihren Ursprung nehmen können.

Irgend eine der letzteren, die sich zu einer „Brutzelle" umzubilden bestimmt ist, vergrössert sich, wölbt ihren freien Theil um ein Weniges über den Rand nach aussen und zeichnet sich von ihren Nachbarzellen besonders dadurch aus, dass sie ihre Chlorophyllkörperchen verflüssigt und den Farbstoff fast gleichmässig unter das feinkörnige Protoplasma vertheilt. Dadurch erhält sie vollkommen die innere Beschaffenheit einer Scheitelzelle, der sie von nun an auch in den oben entwickelten Gesetzen ihrer Zelltheilungen gleicht. Doch müssen auch hier erst zwei Theilungen nach der Formel $V^n = V^{n+1} + {}_nM$ vor sich gehen, ehe die Scheitelzelle die ihr eigenthümliche dreiseitige, nach unten fein zugespitzte Form erhält; und in sofern sehen wir in der Bildung der Adventivsprosse ein vollkommenes Analogon der regelmässigen, scheinbar dichotomischen Verzweigung. Von letzterer ist sie indess durch zwei wesentliche Merkmale verschieden. Vor allem bleiben die durch seitliche Prolification entstandenen Achsen nur in den jüngsten Stadien, und auch hier nur lose, mit der Frons der Mutterpflanze in Verbindung. Später trennen sie sich dadurch von derselben, dass der Theil des Laubrandes, auf welchem sie sich entwickelten, sowie eine Partie ihres eigenen basilären Gewebes zerstört wird. Von nun an beginnen sie ihr Wachsthum selbstständig fortzuführen, indem sie sich entweder regelmässig verzweigen, oder indem ihre Randzellen des letzten Grades sich von Neuem zur Bildung von Adventivästen anschicken. Ein zweiter Unterschied zwischen den aus Brutzellen entstandenen Zweigen und den normalen besteht darin, dass erstere, weil sie nicht aus Randzellen des zweiten, sondern eines höheren Grades entstanden sind, ihre Mittelrippe ursprünglich nie an die des Hauptsprosses anlegen können. Wo dies am Grunde erwachsener Adventivzweige der Fall ist, hat das lebhafte Wachsthum und die kräftige Ausbildung derselben den unter ihr liegenden Theil der Mutterpflanze erst nachträglich zur Bildung eines verbindenden Seitennerven angeregt. Doch scheint dieser Fall im Ganzen zu den Seltenheiten zu gehören.

Aneura pinnatifida [1]) N. ab E. (var. *α.* 2 contexta).

Die dunkelgrünen, unregelmässig fiederig verzweigten Pflänzchen wachsen in schwellendem Rasen dicht gedrängt beisammen und bil-

---

1) Das Material zur Untersuchung dieser und der nächstfolgenden Arten verdanke ich der Güte des Herrn A. Roese, welcher dieselben reichlich bei Schnepfenthal in Thüringen sammelte. Obwohl ihren natürlichen Wachsthumsbedingungen entzogen,

den polsterförmige Ueberzüge auf Steinen, welche von klarem Gebirgswasser überfluthet werden. Obschon die Grössenverhältnisse mit denen der Metzgeria furcata so ziemlich übereinstimmen, haben beide Pflanzen in ihrem habituellen Aussehen keine nähere Aehnlichkeit mit einander. Aneura pinnatifida besteht fast ihrer ganzen Breite nach aus mehreren Zellschichten und verzweigt sich nicht, wie die vorige Art, in regelmässigen Abständen anscheinend dichotomisch, sondern entsendet von gewissen Punkten aus nach verschiedenen Richtungen hin Aeste, deren Entwickelung nicht gleichen Schritt hält, die aber darin mit einander übereinstimmen, dass sie in unregelmässiger Weise die einfache oder doppelte Fiederung höherer Blattformen nachahmen. An seiner Spitze trägt jeder Spross letzter Ordnung, wofern sein Längenwachsthum noch nicht abgeschlossen ist, häufig wieder die Anlage zu weiterer Verzweigung in Form mehrerer nebeneinander liegender Einbuchtungen, deren jüngste Zellen sich durch ihren blassen, an Protoplasma reichen Inhalt, von dem darunter liegenden, mit dunkelbraunen Zellbläschen erfüllten Gewebe in Form einer halbmondförmigen (Taf. VII Fig. 1) bis spitz parabolischen Zone deutlich absetzen.

Die Theilungsvorgänge innerhalb der Scheitelregion werden auch hier, wie bei Metzgeria, durch zwei Reihen regelmässig gestellter, aus der Unterseite der Laubachse hervortretender und ihr freies, kolbig angeschwollenes Ende nach oben krümmender Haare (Taf. VI Fig. 1 und Taf. VII Fig. 2) verdunkelt; und da hierzu noch die Schwierigkeiten kommen, welche der Untersuchung daraus erwachsen, dass die Frons in ihrer gesammten Breite bis auf den Rand aus mehreren Zellschichten besteht, so gelingt es nur dann, über die gegenseitige Lagerung der einzelnen Zellen und Zellreihen unterhalb des Scheitels vollkommen klar zu werden, wenn man die unverletzten Sprossenden entweder in mässig concentrirter Kalilösung einigemal aufkocht und sie dann abwechselnd mit Salzsäure und Aetzkali behandelt (wodurch der Zellinhalt noch mehr contrahirt und etwas gebräunt wird) oder sie in kalter Aetzkalilösung mehrere Tage hindurch liegen lässt und hierauf das letzte Verfahren wiederholt. Diese beiden Methoden haben mich, wenn sie, jede für sich oder gemeinschaftlich angewendet wurden, bei allen von mir untersuchten laubigen Jungermanniaceen mit Rücksicht auf die Fragen des Längenwachsthums und der Verzweigung zu einem sicheren Resultat geführt.

---

wuchs die Aneura pinnatifida bei der Cultur in feuchter, kühler Atmosphäre ebenso lebhaft weiter, als Aneura pinguis und Pellia epiphylla.

Obschon Aneura pinnatifida in ihrem Habitus so vieles Abweichende von Metzgeria zeigt, theilt sie dennoch in allen wesentlichen Punkten die Gesetze der Entwickelung mit ihr. Im Grunde jeder Einbuchtung, welche das vordere Ende der Sprosse entweder einzeln oder zu mehreren kennzeichnet, liegt auch hier eine Scheitelzelle (Taf. VI Fig. 1), durch deren gesetzmässige Theilung das Längenwachsthum der Pflanze vermittelt wird. Durch die Deutlichkeit des Zellkernes und ihren reicheren Inhalt an trübem Plasma, sowie ihre umgekehrt dreiseitige Form ist die Scheitelzelle von dem seitlich sich anschliessenden Gewebe leicht zu unterscheiden, besonders da sie hier nach unten noch mehr zugespitzt erscheint, als bei Metzgeria. Wie bei dieser, theilt sie sich durch abwechselnd nach rechts und links gegen die Hauptachse des Triebes geneigte und je einer ihrer Seitenwände parallele Scheidewände in eine Scheitelzelle des nächst höheren Grades und eine erste Randzelle:

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM.$$

Indem sich dieser Vorgang in gleicher Weise wiederholt, wird durch die successive entstandenen und einander in spitzen Winkeln aufgesetzten Randzellen des ersten Grades der Grund zu der regelmässigen Anordnung der Zellen gelegt, welche sich unterhalb der Scheitelregion oft mit grosser Deutlichkeit erkennen lässt. Der einfachste Fall, dass ein schwächlicher Trieb bei der Bildung der Randzellen des ersten Grades stehen bliebe und das ganze Organ somit nur aus zwei seitlich in einander eingreifenden Zellreihen bestände, habe ich bei Aneura nie beobachtet; vielmehr geht die Entwickelungsfähigkeit der Randzellen des ersten Grades hier noch viel weiter als bei Metzgeria, und jede derselben giebt zur Entstehung von Zellcomplexen Veranlassung, welche wir bei der vorigen Pflanze vollkommen vermissten. Da, wie in der einleitenden Beschreibung bemerkt wurde, die Dicke des Aneura-Sprosses bis zum Scheitel hin mehrere Zellschichten beträgt, dieser aber, als aus der Terminalzelle und den nach beiden Seiten von ihr abgetrennten Randzellen bestehend, mit einem aus einfachen Zellen gebildeten Rande ausgeht, so ist leicht einzusehen, dass sowohl die Scheitelzelle als auch die Randzellen des ersten Grades, weil mehrschichtige Gewebe sich ihnen an der Rückseite unmittelbar anschliessen, eine zu ihrer Länge im Verhältniss bedeutendere Höhe haben müssen, als es bei Metzgeria der Fall war. Jede Reihe durch die Scheitelregion successiv geführter vertikaler Längsschnitte (Taf. VII Fig. 2) (die Ebene des Sprosses als horizontal angenommen) bestätigt dies vollkommen und giebt überdies, bei

Vergleichung mit den auf dem oben angegebenen Wege gewonnenen Präparaten, über das Zelltheilungsgesetz beim Wachsthum der Randzellen sicheren Aufschluss. Jede der letzteren zeigt sich am unverletzten Spross von oben durch vier, annähernd senkrecht zu einander stehende Linien begrenzt, von denen die vordere dem freien Rande angehört, während sie im vertikalen Längsschnitt an der Rückseite von einer geraden und am vorderen Ende von einer stark convexen Linie abgeschlossen wird, welche letztere die Oberseite der Laubachse mit ihrer Unterseite verbindet. Die erste Theilung der Randzelle des ersten Grades erfolgt auch bei Aneura pinnatifida durch eine dem Rande parallele, zu den beiden Seitenwänden und zur Ebene des Sprosses senkrechte Scheidewand, in eine Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle:

$$M^1 = M^2 + {}_1P.$$

Die Randzelle des zweiten Grades hat von ihrer Mutterzelle die gleiche Gestalt geerbt, ist aber nicht, wie diese, auf eine einzige Art der Theilung beschränkt. Entweder wiederholt sich in ihr der eben beschriebene Vorgang, wodurch eine Randzelle des dritten Grades neben einer zweiten Flächenzelle entsteht ($M^n = M^{n+1} + {}_nP$); oder sie theilt sich in gleicher Weise, wie bei Metzgeria, in zwei Randzellen desselben Grades, aber der zweiten Generation ($M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$). Indem beide Formen auf verschiedene und mannigfache Art mit einander abwechseln und die Theilungsfähigkeit der Randzellen schon früh oder erst später erlischt, gewinnen die einzelnen Sprosse ein höchst verschiedenartiges Aussehen; immer aber stimmen sie darin überein, dass die von den einzelnen Zellreihen gebildeten Curven, welche je einer Randzelle des ersten oder eines nächst höheren Grades entsprechen und bei günstigen Exemplaren ziemlich weit unterhalb des Scheitels noch mit Sicherheit verfolgt werden können, von den beiden Seitenrändern ausgehend, sich in der Achse des Sprosses unter einem rechten oder spitzen Winkel kreuzen, während die auf derselben Seite nebeneinander verlaufenden sich nach aussen schwach fächerartig von einander entfernen. Wir werden im Folgenden sehen, auf welche Weise sich diese fächerartige Anordnung durch die stärkere Entwickelung und Dehnung der axilen Gewebspartieen in den älteren Theilen der Sprosse wieder verwischt.

Die dem Scheitel zunächst liegenden Randzellen, deren Zahl sich durch den zweiten Modus der Zelltheilung ($M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$) andauernd vermehrt, zeigen, gleich der Terminalzelle, einen an Protoplasma reichen, grün gefärbten, körnigen Inhalt, in welchem noch

keine Spur der braunen Zellbläschen erkennbar ist (Taf. VII Fig. 2 [vgl. Fig. 1]). Ihre hintere Wand, welche sie von der jüngsten Flächenzelle trennt, krümmt sich bald ebenso, wie die freie Aussenwand, ziemlich stark convex, wodurch die Randzelle im Längsdurchschnitt die Gestalt des „Hauptschnittes einer biconvexen Linse", die von ihr abgetrennte Flächenzelle hingegen die eines „einfachen Meniscus" gewinnt. Der Hauptunterschied in der Entwickelungsgeschichte von Aneura pinnatifida und Metzgeria beruht nun darin, dass sich bei ersterer nicht nur die Flächenzellen erster Ordnung ($_1P$), sondern alle entstehenden Flächenzellen an dem Dickenwachsthum der Pflanze betheiligen können, und deshalb von einem Mittelnerven in dem Sinne, wie bei Metzgeria, hier nicht die Rede sein kann. Auch die späteren Flächenzellen, deren Höhe gewöhnlich ihre Länge um das Dreifache übertrifft, verrathen ihre Natur als Theilungszellen durch ihren an grüntingirtem Plasma reichen, mit nur äusserst kleinen Chlorophyllkörperchen vermischten Zellinhalt. Die zuerst in ihnen auftretende Scheidewand ist der Ebene des Sprosses parallel und theilt die Flächenzelle in zwei Aussenzellen, von denen die eine nach oben, die andere nach unten zu liegen kommt,

$$P^1 = E^1 + E^1.$$

Wenn die Lage dieser ersten Scheidewand auch nicht immer genau eine mittlere ist und die beiden Aussenzellen deshalb in ihrer Grösse nicht vollkommen mit einander übereinstimmen, so ist ihr Entwickelungsgesetz doch genau dasselbe. Jede derselben theilt sich, der Zeit nach unabhängig von der anderen, in eine erste Innenzelle und eine Aussenzelle des zweiten Grades ($E^1 = E^2 + {}_1J$) und letztere setzt diese Vermehrung noch einigemal in derselben Weise fort, bis durch die Theilung der Aussenzelle des letzten Grades in zwei, vier und mehrere Aussenzellen desselben Grades aber höherer Generationen das Wachsthum in die Dicke beschlossen wird; wenigstens konnte es nie mit Sicherheit beobachtet werden, dass eine Aussenzelle zweiter Generation noch neue Innenzellen von sich abgetrennt hätte. Die Dicke des axilen Gewebes der Laubachse wächst hierdurch gewöhnlich bis auf acht Zellschichten und bleibt meist dabei stehen, indem alle weiteren Theilungen, deren Zahl übrigens sehr beschränkt ist, von den Innenzellen ausgehen ($J = {}^2J + {}^2J$). Weit mehr, als die Theilung derselben, trägt ihre grosse Längsdehnung dazu bei, der andauernden Verbreiterung des Randes durch die oben beschriebenen Vorgänge ($M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$) das Gleichgewicht zu halten. Man sieht deshalb an erwachsenen Pflanzen, dass, während der freie Rand und

die obere und untere Epidermis des Laubes aus kleinzelligem Gewebe bestehen, die Längsachse der Innenzellen ihre Ausdehnung in der Breite um das 8—10 und mehrfache übertrifft.

Vergleicht man die Randzellen am Scheitel mit denen späterer Grade, die sich schon weiter von ihm entfernt haben, mit Rücksicht auf die Lebhaftigkeit der Theilungen untereinander, so zeigt sich bald, dass dieselbe in den Zellen der vorderen Einbuchtung am grössten ist. Bevor die Randzelle hier noch Zeit hatte, eine dritte, vierte Flächenzelle von sich abzutrennen, hat die erste und zweite nicht selten schon die meisten Stadien des Dickenwachsthums durchlaufen und einen ganzen Complex von Gewebszellen erzeugt, welche zusammengenommen ihrer Gestalt entsprechen (Taf. VII Fig. 2). Die für Aneura pinnatifida charakteristischen Zellenbläschen treten hierbei oft erst in dem dritten oder vierten, aus einer Flächenzelle hervorgegangenen Zellcomplex (von dem vorderen Rande an gerechnet) in einiger Entwickelung auf, während sie an den vom Scheitel weiter entfernten Theilen des Randes in den Randzellen selbst schon vollkommen ausgebildet sind (Taf. VII Fig. 3). Hierdurch erklärt sich die auffallende, schon oben erwähnte Eigenschaft entwickelungsfähiger Sprossenden, dass sich die jüngsten Zellen des Scheitels als blasse, halbmondförmige bis spitz parabolische Zone von dem dunklen, dicht mit Zellbläschen erfüllten älteren Gewebe deutlich absetzen (Taf. VII Fig. 1). Wo diese Zellbläschen in den Randzellen selbst erscheinen, hört auch die lebhafte Vermehrung der zuletzt gebildeten Flächenzellen in die Dicke auf, und man findet nicht selten, dass der vielzellige, centrale Theil der Laubachse von einem schmalen, aus einer Zellschicht bestehenden Rande beiderseits begrenzt wird. Es sind dies Eigenthümlichkeiten, welche einzelnen Sprossen vor anderen, oft an derselben Pflanze zukommen können.

Bis dahin zeigte sich die Entwickelung der Laubachse nach beiden Richtungen der Dicke so gleichförmig, dass ein Unterschied von oben und unten für unsere Beobachtung nicht erkennbar wäre, wenn uns das Auftreten von Haarbildungen an der nach der Anheftungsstelle zugewandten Fläche nicht auf einen solchen Gegensatz hinwiese. Ob derselbe in der Natur des Organismus selbst seinen tieferen Grund hat oder nur durch die zufällige Lage der Pflanze gegen ihre Unterlage hervorgerufen wird, wie dies Mirbel für die Entwickelung der Brutkeimblätter von Marchantia nachgewiesen hat, muss dahingestellt bleiben. Für die Wurzelhaare ist letztere Auffassung die wahrscheinlichere, während sich bei den regelmässig zweizeilig

angeordneten und an ihrer Spitze kolbenförmig angeschwollenen Haaren ihrer gesetzmässigen Stellung wegen mannigfache Bedenken gegen eine solche Annahme erheben. Die Wurzelhaare bilden, wie bei Metzgeria, eine einfache Verlängerung der Zelle, aus der sie ihren Ursprung genommen haben, und breiten sich, wenn sie einen festen Gegenstand erreichen. zu einer vielfach gelappten Haftscheibe aus. Sie entstehen schon in den jüngst entwickelten Zweigen in grösserer oder geringerer Zahl aus den axilen Aussenzellen der unteren Laubfläche, von denen jede die Fähigkeit besitzt, ein solches zu entsenden.

Für die Verfolgung der regelmässig gestellten, keulenförmigen Haare in allen ihren Entwickelungsstadien zeigte sich die von mir untersuchte Form der Aneura pinnatifida besonders günstig. Junge, in lebhafter Entwickelung begriffene Sprossenden (Taf. VI Fig. 1) zeigen dicht neben der Scheitelzelle, am Grunde der Randzellen des ersten Grades, die Anfänge der kolbenförmigen Haare in Form kleiner Ausstülpungen ihrer Mutterzelle, die sich, wenn sie etwas grösser geworden, durch eine der Fläche der Laubachse parallele Scheidewand selbstständig von derselben abgliedern. Ob die jüngsten Zustände schon zu der Zeit deutlich sichtbar werden, wo die Randzellen des ersten Grades noch ungetheilt sind, oder erst, nachdem aus derselben schon je eine Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle hervorgegangen ist, bedarf noch genauerer Untersuchung. Bisher ist es mir noch nie gelungen, bei einem der zahlreichen verticalen Längsschnitte die beginnende Ausstülpung schon aus der vorderen Randzelle hervortreten zu sehen, während vielfache Ansichten der unverletzten Scheitelregion von der Unterseite mir dies im hohen Grade wahrscheinlich machen. Das Stellungsverhältniss der Haare an der Laubachse wird, im Falle sich die letzte Annahme bestätigen sollte, dadurch in keiner Weise alterirt, da diese nach der gesetzmässigen Theilung der Randzellen stets auf die ersten Flächenzellen übergehen und das Resultat somit dasselbe bleibt. Die alternirend zweizeilige Stellung, welche nach der Entwickelungsgeschichte alle ersten Flächenzellen an der Achse des Sprosses einnehmen, geht somit auch auf alle kolbig angeschwollenen Haare über, und es ist, wenn man von den jüngsten Hervorragungen am Scheitel aufmerksam nach den vollkommen ausgebildeten unteren Haaren fortschreitet, nicht schwer sich hiervon zu überzeugen. Zugleich erkennt man, wie die einzelnen Glieder dieser beiden Reihen, nicht nur in der Richtung der Längsachse, sondern auch der Breite des Sprosses nach,

sich immer weiter von einander entfernen, bis zuletzt auch darin eine Grenze erreicht wird. Der Grund dieser Erscheinung ist folgender.

Es wurde in Obigem gezeigt, dass die Entwickelung der Flächenzellen in die Dicke zuletzt darin ihren Abschluss findet, dass sich in den Aussenzellen des letzten Grades mehrere gleichwerthige Zellen höherer Generationen bilden, welche als kleinzelligere Epidermis das langgestreckte innere Gewebe der Laubachse nach oben und unten bedecken. Diese letzten Theilungen finden mit Rücksicht auf die Stellung der keulenförmigen Haare in der Weise statt, dass letztere stets auf der dem Rande zunächst liegenden Aussenzelle ihren Platz finden; und es werden deshalb, so lange diese Theilungsvorgänge nach der Breite des Sprosses ihren Abschluss noch nicht erreicht haben, die beiden Haarreihen immer weiter auseinander weichen müssen. Dass zuletzt 6—8 oder selbst 10 Zellreihen zwischen den einzelnen Haaren (sowohl der Länge als der Breite nach) verlaufen, beweist auf das deutlichste, dass sich jede Aussenzelle des letzten Grades nicht nur, wie Hofmeister angiebt, in vier, sondern in weit zahlreichere Epidermiszellen theilt. Jedes der keulenförmigen Haare hat, wenn es (vom Scheitel an gerechnet) seiner Stellung nach das dritte oder vierte geworden ist, schon seine volle Grösse und Ausbildung des Zellinhaltes erreicht und fängt nun sehr bald an sich zu bräunen und abzuwelken, bis es, fast unkenntlich geworden, zuletzt abfällt. Ich konnte nie mehr als 10 Haare in Verbindung mit der Laubachse unterhalb des entwickelungsfähigen Scheitels zählen.

Die Verästelung der Laubachse erfolgt bei Aneura pinnatifida genau nach demselben Gesetz wie bei Metzgeria. Da sich die Vorgänge an beiden Pflanzen genau entsprechen, so scheint es unnöthig, die Folge der Zelltheilungen hier zum zweiten Male ausführlich zu erläutern, obschon bei einigen Präparaten dieser Pflanze die Anordnung der jungen Zellen in der soeben verdoppelten Scheitelregion besonders entscheidend zu Gunsten unserer Auffassung war. Bei den Formen, wo die Scheitelzelle im Grunde einer deutlichen Einbuchtung liegt, tritt die Verzweigung durch die Bildung eines Mittellappens auch in ihren jüngsten Stadien sehr bald mit voller Deutlichkeit hervor, während es im anderen Falle einer genaueren mikroskopischen Prüfung bedarf, um sich von der Anwesenheit zweier nebeneinander liegender Scheitelzellen zu überzeugen. Noch ist zu bemerken, dass bei Aneura pinnatifida einzelne Fälle vorkommen, wo der junge Zweig nicht schon aus einer Randzelle des zweiten, sondern eines nächst höheren Grades seinen Ursprung nimmt, ohne dass er sich in seiner

Gestalt und weiteren Entwickelung von einem in normaler Weise entstandenen Sprosse unterschiede. Es gelang mir etwa zweimal, Sprossenden zu beobachten, in denen die gegenseitige Lage der beiden Scheitelzellen keine andere Deutung zuliess. Wenn man in Betracht zieht, dass, wie oben gezeigt wurde, bei Aneura nicht nur die ersten, sondern auch alle späteren Flächenzellen die Fähigkeit besitzen, sich in die Dicke zu vermehren, so verliert das beobachtete Hervorgehen eines Zweigsprosses aus einer Randzelle höheren Grades viel von seinem Auffallenden.

Wenn wir nun auch bei Aneura pinnatifida von keiner echten Gabelung, sondern von einer normalen Verzweigung im Sinne wie bei höheren Pflanzen sprechen, so erscheint dies schon darum naturgemässer als bei Metzgeria, weil der Unterschied zwischen Haupttrieb und Seitensprossen hier auch äusserlich in der fiederigen Verästelung deutlich hervortritt. Ob es aber jedesmal der Haupttrieb ist, welchem die bedeutendere Entwickelungsfähigkeit verbleibt, und ob, dem entsprechend, die von ihm abgezweigten Scheitelzellen sich stets zu den seitlichen Trieben mit beschränkterem Wachsthum ausbilden, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Für die Auffassung des ersten und wichtigsten Vorganges selbst ist dies von keiner weiteren Bedeutung.

Aneura pinguis Dumort.

Je nach dem Standort und der Jahreszeit, in der man diese Pflanze sammelt, ist ihr Habitus äusserst verschiedenartig. Bald stellt sie einfache Sprosse von verschiedener, ziemlich gleichmässiger Breite dar, welche lange Zeit, ohne sich zu verzweigen, in die Länge wachsen; oder sie bilden flache, vielfach ausgerandete Laubmassen, aus denen unter günstigen Verhältnissen, besonders im Frühjahr, kräftig vegetirende Sprosse von der Gestalt der ersteren ihren Ursprung nehmen können. Von Pellia epiphylla, der sie in den meisten sterilen Formen habituell sehr nahe steht, ist sie besonders durch den Mangel eines Mittelnervs verschieden, der sich gegen eine beiderseits anschliessende, einschichtige Laubfläche deutlich absetzte; wo bei Aneura pinguis der mittlere Theil der Laubachse sich beträchtlich gegen die Seitenflächen verdickt, geht er doch ganz allmählig in diese über, da sie selbst meist aus mehreren (2—3) Zellschichten bestehen und nur selten von einem einschichtigen, freien Rand von einiger Breite umsäumt werden. Von Aneura pinnatifida unterscheidet sich unsere Pflanze am auffallendsten dadurch, dass ihre Zellen weder in den

jüngsten noch in den älteren Theilen des Laubes eine Spur der für letztere so charakteristischen braunen Zellbläschen zeigen, sondern ausser ihrem reichen flüssigen Inhalt nur Chlorophyllkörperchen in grosser Zahl enthalten, in deren Centrum sich stets Amylum nachweisen lässt. Auch in den keulenförmigen Haaren, welche hier ebenso, wie bei den vorigen Arten, nur aus der Unterseite des Laubes entstehen, aber weder am jungen noch am entwickelten Spross irgend welche regelmässige Anordnung verrathen, befinden sich Stärkemehlkörner in geringerer Zahl, welche indess den grünen Farbestoff fast völlig verloren haben und die bekannte Jod-Reaction deshalb um so deutlicher zeigen.

Die Anwesenheit einer oder mehrerer Einbuchtungen am vorderen Ende der Laubachse bezeichnet die Lage ebenso vieler Scheitelzellen mit selbstständiger Entwickelungsfähigkeit in der Längsrichtung des Sprosses. Bei ihrer Theilung wiederholt sich genau dasselbe Gesetz, welches wir oben schon das Wachsthum zweier Pflanzen bestimmen sahen und das seinen Ausdruck ganz allgemein in der Formel

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM$$

findet. Die auf solche Weise abgetrennten Randzellen sind seitlich von zwei annähernd parallelen, nach der Rückseite, wo sie mit dem älteren Gewebe in Verbindung stehen, von einer vertikalen, zu den vorigen senkrecht stehenden Scheidewand und gegen den Rand durch eine stark convexe Aussenfläche begrenzt, welche letztere die Verbindung der Ober- und Unterseite des Sprosses herstellt. In der Theilung dieser ersten Randzellen sehen wir ein neues Bildungsgesetz auftreten, welches Aneura pinguis vor beiden obigen Arten auszeichnet und sie um einen grossen Schritt höher stellt als diese. Die Randzellen des ersten Grades theilen sich nämlich nicht durch eine vertikale, der Rückwand parallele Scheidewand in eine Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle ($M^1 = M^2 + {}_1P$), sondern es bildet sich in der Randzelle eine Scheidewand, welche, indem sie sowohl gegen die ideale Achse derselben als auch gegen die vertikale Rückwand schief geneigt ist und auf den beiden Seitenwänden rechtwinkelig steht, eine Randzelle des zweiten Grades von einer ersten Aussenzelle abgliedert:

$$M^1 = M^2 + {}_1E.$$

Vorausgesetzt, dass diese erste Randzelle auf der oberen Seite der Laubachse liegt, so würde die nächste Scheidewand, welche im weiteren Verlauf desselben Theilungsvorganges entsteht, der vorigen so-

wie den beiden Seitenrändern der Randzelle des zweiten Grades senkrecht aufgesetzt und zur Längsachse der letzteren ebenfalls schief geneigt sein, wodurch neben einer Randzelle des dritten Grades eine an der Unterseite des Sprosses gelegene zweite Aussenzelle entsteht. Die weiteren Theilungen erfolgen nun einigemal gesetzmässig in der Art, dass die aufeinanderfolgenden Scheidewände abwechselnd nach oben und unten geneigt und einander rechtwinkelig aufgesetzt sind (Taf. VII Fig. 5 u. 6), wodurch zwei übereinanderliegende Horizontalreihen von Aussenzellen gebildet werden, von denen jede einzelne in die zwei benachbarten Zellen der anderen Reihe eingreift. Man bemerkt sogleich, dass dieser Vorgang dasselbe Theilungsgesetz in vertikaler Richtung wiederholt, was wir bei der Verjüngung der Scheitelzelle in der Horizontalebene so deutlich ausgesprochen sahen, und es wird deshalb die Formel, welche bestimmt ist, uns einen allgemeinen Ausdruck desselben für den gegenwärtigen Fall zu geben, dieser ersten Formel analog gebildet sein müssen:

$$M^n = M^{n+1} + {}_nE.$$

Jede spätere Randzelle theilt, von oben gesehen, die Gestalt der Randzelle des ersten Grades, zeigt sich aber bei einem vertikalen Längsschnitt durch zwei senkrecht gegeneinander geneigte Rückwände begrenzt, deren Stellung aus ihrer Entstehungsweise hervorgeht. Die Zahl derselben vermehrt sich nicht nur durch andauernde Verjüngung der Scheitelzelle, sondern auch dadurch, dass die eben beschriebenen Theilungsvorgänge mit dem aus den früheren Darstellungen bekannten Modus nach der Formel

$$M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$$

abwechseln, wonach aus einer Randzelle des n^{ten} Grades zwei nebeneinanderliegende, vollkommen gleichwerthige Randzellen desselben Grades, aber der zweiten Generation hervorgehen. Dadurch entfernen sich die Randzellen höherer Grade immer weiter von der Scheitelzelle, und nun, wenn sie einen bestimmten Abstand von ihr erreicht haben, geht ihre Theilung nach der Formel: $M^n = M^{n+1} + {}_nE$, plötzlich in die bei Metzgeria und Aneura pinnatifida ausschliesslich vorkommende Theilungsart über, indem sich eine nach innen convexe, zur Längsachse und zu den Seitenrändern senkrechte Scheidewand bildet (Taf. VI Fig. 6 u. 7), welche eine Randzelle des nächst höheren Grades von einer n^{ten} Flächenzelle des ersten Grades abtrennt,

$$M^n = M^{n+1} + {}_nP.$$

Sobald die erste Theilung innerhalb einer Randzelle nach diesem Gesetz erfolgt ist, so stimmt ihre weitere Entwickelung vollkommen

mit der bei der vorigen Pflanze beschriebenen überein; und da die Theilungen der letzten Art, welche unsere Pflanze mit Aneura pinnatifida gemein hat, die ihr eigenthümlichen und nur in unmittelbarer Nähe der Scheitelzelle stattfindenden der Zahl nach bei weitem übertreffen, so wird es erklärlich, dass Hofmeister letztere ganz übersehen konnte und von dem Auftreten schiefer Wände innerhalb der Randzellen von Aneura pinguis nichts angiebt. Die Aussenzellen, welche, wie wir sahen, aus den Randzellen des ersten und der nächst höheren Grade direct hervorgehen, theilen mit den auf dem weiteren Wege (durch Vermittelung einer Flächenzellenbildung) entstandenen im Wesentlichen gleiche Gestalt und Entwickelungsfähigkeit, so dass es unnöthig erscheint, auf ihre Theilungsgesetze hier noch besonders hinzuweisen. Nur das sei noch bemerkt, dass auch hier das Dickenwachsthum derselben mit der Bildung einer kleinzelligeren Oberhaut seinen Abschluss findet, und alle weitere Streckung in die Länge (und Dicke?) eine Folge intercalarer Theilungen der Innenzellen ($J = {}^2J + {}^2J$) oder der Längsdehnung des fertig gebildeten Gewebes ist.

Dass die einzelligen, keulenförmigen Haare, welche aus der Unterseite der Laubfläche in der unmittelbaren Nähe der Scheitelregion hervorgehen, bei Aneura pinguis nicht regelmässig in zwei Reihen angeordnet sind, sondern auf den Aussenzellen höherer Generationen scheinbar unregelmässig zerstreut stehen, ist gewiss nur eine Folge des Umstandes, dass hier nie Flächenzellen erster Ordnung oder erste Flächenzellen (${}_1P$) gebildet werden. Fast scheint es, als ob hier jede durch Theilung der Randzelle unmittelbar entstandene untere Aussenzelle Mutterzelle eines solchen Haares werden kann, ohne dass diese Regel, wenn sie überhaupt besteht, ausnahmslos befolgt wurde. Es ist mir zur Zeit noch nicht möglich, hierüber etwas Bestimmtes auszusprechen, da man bei Betrachtung eines unverletzten Sprosses von der Unterseite, wo sich die Vertheilung der Haare allein übersehen lässt, keinerlei Anzeichen hat, bis zu welcher Entfernung vom Scheitel sich die Theilungen der Randzellen nach der Formel $M^n = M^{n+1} + {}_nE$ erstreckt und wo sie von dem verbreiteteren Modus ($M^n = M^{n+1} + {}_nP$) abgelöst wird. Bei successiven verticalen Längsschnitten durch die Scheitelregion gelang es mir nie, auf Aussenzellen, die auf dem letzteren Wege durch Vermittelung von Flächenzellen entstanden waren, das Entstehen von Haaren zu beobachten.

Trotz der bedeutenden Unterschiede, welche zwischen Aneura

pinguis und den vorigen Arten im Breitenwachsthum der Laubachse bestehen, scheint sich doch auch hier die Verzweigung im Wesentlichen den oben entwickelten Gesetzen anzuschliessen. Da sich indess meine Ansicht bis jetzt nur auf ein deutliches Präparat stützt (Taf. VI Fig. 4), bin ich weit entfernt, diesen Punkt für ausgemacht zu betrachten, besonders da der Theilungsmodus der Randzellen des ersten und der nächst höheren Grade auch einige Abänderungen in den Vorgängen der Verästelungen nothwendig herbeiführen müsste, wodurch die Auffassung einen Theil ihrer Einfachheit einbüsst. Darf ich mein Präparat als massgebend betrachten, so folgt daraus, dass dem Zeitpunkt, wo die frühere Randzelle des ersten Grades zur neuen Scheitelzelle wird, die Abtrennung mehrerer (2—4) Aussenzellen vorangeht.

Aneura palmata [1]) N. ab E.

Die Pflänzchen dieser Art, welche in ihrer Farbe und Consistenz nähere Aehnlichkeit mit Aneura pinguis als mit Aneura pinnatifida zeigen, unterscheiden sich von beiden habituell dadurch, dass, während die Hauptstämmchen auf der Unterlage festgewachsen sind, die Verzweigungen letzten Grades sich fast rechtwinkelig gegen dieselben erheben und, mehr oder weniger dicht gedrängt, aufrecht neben einander fortwachsen. Auch waren die Exemplare, welche ich untersuchte, zarter als die der früheren Arten, und für die Verfolgung der Zelltheilungsgesetze deshalb besonders geeignet. Dennoch bin ich nur in der Lage, über das Längenwachsthum sowie über die Verzweigung der Laubachse etwas Bestimmtes aussprechen zu können, während ich die Fragen nach dem Breiten- und Dickenwachsthum wegen Mangels an Material nicht zum Abschluss bringen konnte und mich deshalb mit einigen Andeutungen begnügen muss.

Das Längenwachsthum wird auch hier durch eine Scheitelzelle vermittelt, deren abwechselnd nach beiden Seiten abgetrennte Randzellen des ersten Grades ebenso, wie die beiden Seitenwände der

---

1) Ich sammelte diese Art im Sommer 1862 bei München auf einem faulenden Baumstumpf. Leider fand ich, trotz vielen Suchens, nur einen kleinen Rasen, welcher zwar kurze Zeit darauf seine Früchte reifte und mich mit Sporen zur Aussaat beschenkte, aber für die allseitige Untersuchung der vegetativen Organe auf ihre Entwickelungsgeschichte nicht ausreichend war, da ich beim Beginn meiner Untersuchungen mit wenigem Material noch nicht sparsam genug umzugehen wusste.

Scheitelzelle selbst, in sehr spitzem Winkel einander aufgesetzt sind. Die Theilungen erfolgen also auch hier nach der Formel:

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM.$$

Wie die Randzellen des ersten Grades sich fortentwickeln; ob zuerst, wie bei Aneura pinguis, gesetzmässig schiefe Wände in ihr auftreten, welche eine erste Aussenzelle von einer Randzelle des zweiten Grades abgliedern; ob diese Theilungsform vielleicht die allein vorkommende ist oder ob sie, wie bei der vorigen Pflanze, in die einfachere nach der Formel: $M^n = M^{n+1} + {}_nP$ übergeht, vermag ich nicht mit Sicherheit anzugeben. Nach Zeichnungen, welche ziemlich am Beginn meiner Untersuchungen ausgeführt, wo mir in der Deutung wichtiger Präparate noch die nöthige Uebung abging, muss ich vermuthen, dass sich Aneura palmata auch in Betreff des Dickenwachsthums der Aneura pinguis anschliesst, mit der sie in dem vollständigen Mangel der braunen Zellbläschen und dem alleinigen Vorhandensein ziemlich grosser Chlorophyllkörperchen so viel Uebereinstimmendes zeigt. Vielleicht hängt es mit einer eigenthümlichen Art der Entwickelung zusammen, dass das Laub der Aneura palmata im Querschnitt nicht, wie bei den vorigen Arten, einen stärker verdickten axilen Theil in zwei, aus nur wenigen Zellschichten bestehende Seitenränder deutlich übergehen lässt, sondern dass sich hier der Mittelnerv gleichsam bis an den äussersten Rand erstreckt und in mehr oder weniger flacher Wölbung das ganze Laub abschliesst.

So zweifelhaft ich mit Rücksicht auf die oben angedeuteten Fragen geblieben bin, so konnte ich mich doch andererseits von der Identität der Zelltheilungen, die der Verzweigung der Laubachse vorausgehen, mit dem bei Metzgeria und dem bei den früheren Aneura-Arten aufgefundenen Gesetz deutlich überzeugen. Die Präparate, die ich in dieser Beziehung erhalten, liessen in Schärfe und Klarheit der Theilungslinien nichts zu wünschen übrig (Taf. VI Fig. 2). Einmal gelang es mir sogar, eine Scheitelregion mit drei nebeneinanderliegenden Terminalzellen zu beobachten, von denen die mittelste den Hauptspross fortsetzte, während die beiden seitlichen aus der Theilung zweier successive nach einander abgetrennten Randzellen des ersten Grades hervorgegangen waren. Ob ihrer Umbildung zu neuen Scheitelzellen die Abtrennung einer ersten Flächenzelle (${}_1P$) oder mehrerer Aussenzellen des ersten Grades (${}_1E + {}_2E + \ldots . {}_nE$) vorhergeht, bleibt nnch dem Obigen unentschieden; letzteres scheint mir indess das Wahrscheinlichere zu sein.

Keimung der Sporen.

Bei Aneura palmata gelang es mir, die Keimung der Sporen zu verfolgen, über deren Entwickelung zur jungen Pflanze meines Wissens bisher noch nirgends etwas bekannt geworden ist. Im Verhältniss zu den breiten, einspirigen Schleuderzellen sind die Sporen ziemlich klein (Taf. VII Fig. 8); sie zeigen sich von einer zarten Membran begrenzt, welche ihrerseits durch kein mit Leisten oder Warzen besetztes Exosporium nach aussen umschlossen wird. Wenige Wochen nach der Aussaat auf feuchtes, faules Holz begann die Membran sich zu erweitern, so dass die Spore mehr als das Dreifache ihrer früheren Grösse erreichte (Taf. VII Fig. 9). Die Chlorophyllkörperchen, welche in scharfer Umgrenzung den peripherischen Theil des Lumens schon anfangs erfüllten, bleiben hierbei vorläufig noch unversehrt; nur bedecken sie die Innenwand im Verhältniss sparsamer als früher. Kurze Zeit darauf tritt an der einen Seite der erweiterten Sporenzelle eine kleine, spitze Ausstülpung hervor (Taf. VII Fig. 10), welche sich, wenn sie die Grösse ihrer Mutterzelle erreicht hat, durch eine Wand von ihr abgliedert, die zur Richtung ihrer Längsdehnung senkrecht steht. Diese neue Tochterzelle, in welche der grösste Theil des Plasma und nur eine kleinere Anzahl von Chlorophyllkörperchen übergegangen ist, zeigt schon jetzt alle Eigenschaften einer Scheitelzelle und theilt sich in der Folge (Taf. VII Fig. 11 — 13), ähnlich wie bei den Conferven mit Scheitelwachsthum, andauernd in eine neue Terminalzelle und eine Gliederzelle (Cellula annularis = A),

$$V^n = V^{n+1} + {}_nA.$$

Einzelne der Gliederzellen besitzen die Fähigkeit, sich rechtwinkelig zur Wachsthumsrichtung des Hauptstrahles zu verlängern und durch eine Querscheidewand die Anlage zu einem Zweigspross in Form einer Tochterzelle von demselben abzutrennen. Ist letztere selbstständig geworden, so stellt sie die Scheitelzelle eines jungen Seitenstrahles dar, dessen Entwickelungsfähigkeit nach obiger Formel indess sehr beschränkt ist. Entweder nach einer oder nach wenigen Theilungen in eine Gliederzelle und eine Scheitelzelle des nächst höheren Grades bildet sich in letzterer eine vertikale, zu ihrer Längsachse schief geneigte Scheidewand (Taf. VII Fig. 14), der sich sehr bald eine nach entgegengesetzter Richtung geneigte aufsetzt, womit das Schicksal jenes aus einer Zellreihe bestehenden Seitenzweiges des

Vorkeimes entschieden ist: — es geht eine Laubachse mit normalem Entwickelungsgange aus ihr hervor.

Es scheint, dass auch der aus der Spore direct hervorgegangene Hauptstrahl des Vorkeimes als einfache Zellreihe ein begrenztes Wachsthum hat; wenigstens beobachtete ich einmal, dass auch in seiner Scheitelzelle schiefe Theilungen auftraten (Taf. VII Fig. 14). Leider konnte ich die weitere Entwickelung der Laubachse am Vorkeim sowie die kleineren Formverschiedenheiten, welche dieser selbst zeigt, nicht soweit verfolgen, als ich es gewünscht hätte. Ein übler Zufall liess alle meine Aussaaten zu Grunde gehen.

Pellia epiphylla N. ab E.

Pellia epiphylla gewinnt deshalb ein besonderes Interesse für die Entwickelungsgeschichte der laubigen Jungermanniaceen, weil diese Pflanze, deren häufigere Formen in ihrem Aeusseren so vieles Uebereinstimmende mit Aneura pinguis zeigen (dass es fast unmöglich ist, sterile Exemplare beider ohne genauere Prüfung mit Sicher- von einander zu unterscheiden), in dem Gesetz ihres Längenwachsthums von allen bisher betrachteten Arten wesentlich abweicht. Besonders geeignet für die Untersuchung sind die lebhaft grünen, im Verhältniss schmalen Frühjahrstriebe, welche aus den breiten, vielfach ausgerandeten Laubmassen der fruchtbaren Pflanze ihren Ursprung nehmen und in kurzer Zeit eine ansehnliche Länge erreichen. An ihrem vorderen Ende tragen dieselben, wenn sie äusserlich sichtbar geworden, immer schon mehrere Einbuchtungen (am häufigsten zwei oder eine niedrige Potenz von zwei), in deren Grunde die mittleren Zellen reich mit Plasma erfüllt und in lebhafter Vermehrung begriffen sind. Das zwischen diesen Scheitelregionen liegende und ihnen seitlich angrenzende Gewebe eilt ihnen in ihrem Längenwachsthum oft so bedeutend voran, dass sie unter den beiderseits sich überwölbenden Rändern fast gänzlich versteckt liegen (Taf. VI Fig. 8), wobei zugleich eine grosse Anzahl aus der Ober- und Unterseite der Laubachse dicht unterhalb der Scheitel hervortretender, zweizelliger Haare das junge Gewebe der Fläche nach schützen. Da mit Ausnahme des Mittelnervs, der hier deutlicher als bei Aneura pinguis gegen die aus nur einer Zellschicht bestehende, oft ziemlich breite Laubfläche sich absetzt, der erste mikroskopische Anblick durchaus nichts von der vorigen Pflanze wesentlich Verschiedenes zeigt, und man von den äussersten Theilen des Randes auch hier Curven aus-

gehen sieht, die sich gegen die Achse des Sprosses hin einander nähern, drängte sich mir unmittelbar die Vermuthung auf, dass auch bei Pellia das Längenwachsthum durch die Theilung einer Scheitelzelle vermittelt werde, durch deren gesetzmässige Vermehrung sich ein System von Randzellen nach beiden Seiten abgliedere. Zu wiederholtenmalen glaubte ich für die Existenz derselben Andeutungen erhalten zu haben; immer aber überzeugte ich mich nachträglich, dass ich durch mancherlei Täuschungen irre geführt war, und ich glaube mich nach den übereinstimmenden Beobachtungen an allen von mir untersuchten Sprossenden zu dem allgemeinen Ausspruch berechtigt: „Das Längenwachsthum bei Pellia epiphylla erfolgt nicht, wie bei (allen?) anderen unbeblätterten Jungermanniaceen, durch die andauernde Theilung oder Verjüngung einer Scheitelzelle, sondern durch die Fortbildung einer Reihe nebeneinanderliegender Randzellen. Die unbegrenzte Theilungsfähigkeit der innersten dieser Randzellen geht, sobald dieselbe durch Vermehrung in die Breite aus dem Bereich des Mittelnerven heraustreten, plötzlich in die begrenzte des einschichtigen Randes über."

Die Zahl der Randzellen mit unbegrenzter Theilungsfähigkeit, welche, im Grunde der Einbuchtungen nebeneinander liegend, den terminalen Abschluss des Mittelnerven bilden, ist, je nachdem der Spross soeben erst aus einer Verzweigung hervorgegangen ist, oder sich schon längere Zeit durch eine Reihe von Theilungen selbstständig fortgebildet hat, eine verschiedene; sie schwankt zwischen 2 und einigen 20 und beträgt gewöhnlich 5—10. Führt man einen vertikalen Längsschnitt durch die Scheitelregion (Taf. VII Fig. 7), so erscheint jede dieser terminalen Randzellen in der Gestalt einer durchschnittenen biconvexen Linse, und man sieht, wenn der Schnitt mehrere Zellschichten stark ist, wie die hintereinanderliegenden Randzellen sich in ihrer Grösse zwar nicht vollkommen entsprechen, in ihrer Form aber durchaus ähnlich sind. In dem hellgrünen, mit schleimigem Protoplasma reich erfüllten Inhalt ist ein stark lichtbrechender Zellkern deutlich zu unterscheiden. Die Theilung der Randzellen erfolgt bei allen untersuchten Sprossenden durch eine der Rückwand parallele, zu den Seitenwänden und zur Ebene der Laubachse senkrecht stehende Scheidewand in eine neue Randzelle des nächst höheren Grades und eine n^{te} Flächenzelle des ersten Grades,

$$M^n = M^{n+1} + {}_nP.$$

Die jüngste Flächenzelle besitzt ebenso, wie bei Aneura pinnatifida, die Gestalt eines durchschnittenen einfachen Meniscus, ist aber bei

Pellia im Verhältniss zu ihrer Höhe noch schmäler (etwa 1 : 4—6). Oft noch bevor die neue Randzelle eine zweite Flächenzelle von sich abgetrennt hat, hat sich die erste schon durch eine zur Fläche der Laubachse parallele Wand, die hier stets genau in der Mitte liegt, in zwei Aussenzellen des ersten Grades getheilt,

$$P^1 = E^1 + E^1.$$

Diese zeigen sich nicht nur darin vollkommen gleichwerthig, dass sich beide nach demselben Entwickelungsgesetz vermehren, sondern es besitzt auch jede von ihnen die Fähigkeit, ein Haar aus sich hervorzubringen, so dass hier auch dieses Merkmal verschwindet, welches uns bei Metzgeria und Aneura als Hauptunterschied zwischen der Ober- und Unterseite der Laubachse galt. Das Haar tritt zuerst in Form einer kleinen Ausstülpung aus seiner Mutterzelle hervor und gliedert sich als einzelliges Organ von derselben ab. Noch bevor das aus der Aussenzelle des ersten Grades entstandene, ihm zur Basis dienende Gewebe alle Stadien seines Dickenwachsthums durchlaufen hat, besteht es bereits aus zwei Zellen und hat in Grösse und innerer Beschaffenheit schon alle Eigenschaften angenommen, die ihm während der kurzen Zeit seiner Lebensdauer verbleiben. Die obere Zelle enthält ausser wasserhellem Inhalt nur wenige Amylonkörner, während die am Grunde schmale, nach oben kolbig erweiterte Fusszelle mit Amylonkörnern dicht erfüllt ist, welche sich durch zurückgebliebene Spuren einer grünen Färbung als identisch mit den in den Zellen der Frons zahlreich vorhandenen Chlorophyllkörperchen erweisen. Erschiene, wie es der Anlage nach möglich zu sein scheint, wirklich auf jeder Aussenzelle des ersten Grades eines der beschriebenen zweizelligen Haare, so würden die Vorgänge in der Scheitelregion hierdurch noch weit mehr verdunkelt werden, als es so schon der Fall ist. Im Durchschnitt kann man wohl annehmen, dass sie nur auf der Hälfte derselben wirklich zur Ausbildung kommen.

Die Aussenzellen des ersten Grades theilen sich, bald nachdem sie aus der Flächenzelle hervorgegangen sind, in je eine erste Innenzelle und eine Aussenzelle des zweiten Grades (Taf. V Fig. 5),

$$E^1 = {}_1J + E^2,$$

und in letzterer wiederholt sich dieser Vorgang gewöhnlich noch ein- oder zweimal, bevor der Spross sein Wachsthum in die Dicke beendet hat. Den Beschluss desselben bildet auch hier die Theilung der Aussenzelle des letzten Grades in mehrere (meist 4) kleinere Epidermiszellen, die sich indess später mit dem axilen Gewebe so stark in die Länge strecken, dass der Unterschied beider nicht gerade auf-

fallend ist und es genauerer Beobachtung bedarf, um sich von der Anwesenheit „eines centralen Bündels langgestreckter Zellen“ [1]) zu überzeugen.

Bliebe die Reihe der terminalen Randzellen in der vorderen Einbuchtung des Sprosses einzig auf die Theilungen in der Richtung der Längsachse beschränkt, so müsste der Scheitel der Pflanze sehr bald über die seitlich und nach vorn übergreifenden, aus nur einer Zellschicht bestehenden Randlappen hervortreten. Dass sich letztere gleichzeitig mit dem axilen Theil fortentwickeln, wird zunächst und vor allem dadurch erreicht, dass sich die terminalen Randzellen im Verlauf ihrer Längstheilungen wiederholt in Richtung der Breite vermehren, indem aus einzelnen derselben zwei neue Randzellen desselben Grades aber der zweiten Generation hervorgehen:

$$M^n = {}^2M^n + {}^2M^n.$$

Indem sich die je äussersten Randzellen der Scheitelregion hierdurch noch weiter von der idealen Achse des Sprosses entfernen und somit aus dem Bereich des Mittelnervs heraustreten, verlieren die Flächenzellen, welche fortan von ihnen abgetrennt werden, die Fähigkeit, sich in zwei Aussenzellen zu theilen und nach oben und unten Haare zu entsenden; — sie können sich nur noch in der Richtung der Fläche vermehren ($P = {}^2P + {}^2P$). Wie alle Uebergänge bei der Entwickelung der Organismen, findet indess auch dieser nicht plötzlich und ohne Vermittelung statt, sondern es wird die Theilungsfähigkeit der Flächenzellen, welche aus einer nahe der seitlichen Grenze des Scheitels liegenden Randzelle hervorgegangen sind, allmählig immer schwächer, bis sie in den Flächenzellen späterer Ordnungen ganz erlischt. Was diesen seitlich vom Scheitel und ausserhalb des Mittelnerven gebildeten Flächenzellen an Entwickelungsfähigkeit in der Dicke abgeht, suchen sie jedoch an Zuwachs in der Fläche zu ersetzen. Die Randzellen, die im Verlauf weiterer Theilungen immer niedriger werden, vermehren sich in um so rascherer Folge, theils nach dem Gesetz: $M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$, zumeist aber nach der Formel: $M^n = M^{n+1} + {}_nP$. Indem hierzu noch die Theilungen der Flächenzellen selbst in der Ebene der Laubachse kommen, halten die beiden einschichtigen Seitenränder mit der Verlängerung des Mittelnervs nicht nur gleichen Schritt, sondern sie überholen ihn fortwährend, indem sie ihren vor-

1) Mit Unrecht wird dasselbe neuerdings von Gottsche (Gottsche u. Rabenhorst, Hepaticae europaeae 1863 No. 22) geleugnet, nachdem es bereits Schacht (Anatomie und Physiologie I S. 314) richtig mit dem von Metzgeria zusammengestellt hat.

deren Theil beiderseits über denselben hinaus wölben und bei üppigen Exemplaren sogar übereinandergreifen. Zugleich geht aus der dargestellten Entwickelung hervor, dass man auch bei Pellia deutliche Curven wird verfolgen können, die sich nach dem Rande zu fächerartig von einander entfernen. Dieselben werden sich aber nicht, wie bei den früheren Arten, in der Achse des Sprosses kreuzen, da sie nicht aus Randzellen, welche einander in spitzem Winkel aufgesetzt waren, hervorgegangen sind, sondern sie werden sich, als aus Reihen nebeneinanderliegender Randzellen entsprungen, gegen die Mitte der Laubachse zu immer mehr verflachen müssen, bis sie zuletzt, fast parallel verlaufend, in ihr verschwinden.

Mit dem von allen früheren Gesetzen so abweichenden Längenwachsthum der Laubachse von Pellia ist die Art ihrer Verzweigung auf das Engste verbunden. Steht eine Verdoppelung der Scheitelregion bevor, so vermehren sich die terminalen Randzellen im Grunde der Einbuchtung, indem vorwiegend Längstheilungen eintreten, bis fast auf das Doppelte ihrer früheren Zahl. Der Mittelnerv wird hierbei an seinem oberen Ende verbreitert, indem die ihn seitlich begrenzenden Randzellen nicht in demselben Verhältniss aus ihm heraustreten, als neue im Innern gebildet werden. Bald darauf springen erst eine oder zwei, später seitlich sich anschliessend, mehrere Randzellen in Form eines flachen oder mehr abgerundeten, einschichtigen Lappens in der Mitte der Ausbuchtung vor, indem sie nach Art der zu äusserst liegenden terminalen Randzellen nur noch solche Flächenzellen von sich abgliedern, welche in der Richtung der Dicke nicht weiter theilungsfähig sind. Die Verästelung ist hiermit entschieden, und der Mittellappen, welcher jeder der beiden Tochtersprosse zur Hälfte angehört, vergrössert sich nun ganz ebenso wie die von ihm abgekehrten Seitenränder derselben, indem immer neue terminale Randzellen im Innern der beiden Scheitel gebildet werden und die zu äusserst liegenden, welche nur noch Flächenzellen mit beschränkterer Theilungsfähigkeit bilden, sich einerseits dem Mittellappen, andererseits dem freien Randlappen anschliessen. Ist, wie wir gesehen haben, der mittlere Theil des Mittellappens zuerst entstanden, so hat er auch zuerst die Grenze seines Breitenwachsthums erreicht und wird von den später entstandenen Zellreihen sehr bald in der Wachsthumsrichtung der jungen Sprosse überragt. Würde jeder neuen Verzweigung stets ein andauerndes Längenwachsthum der Laubachse vorhergehen, so müsste man dann ohne Zweifel an der Stelle, wo früher der apikale, zuerst gebildete Theil des jungen

Mittellappens war, später die tiefste Stelle der Einkerbung zwischen den beiden Tochtersprossen finden. Leider ist es mir an den lebenden Exemplaren, welche ich zur Untersuchung benutzte, nicht gelungen, einen solchen Fall wirklich aufzufinden. Ueberall da, wo die einzelnen Glieder unterhalb des Scheitels hinreichend verlängert schienen, wie an den schmächtigen Frühjahrstrieben, war dies weniger durch eine längere Reihe von Zelltheilungen in der Scheitelregion als vielmehr durch die ausserordentlich grosse Längsstreckung der Zellen am Grunde der Sprossen erreicht, und es zeigte sich der Scheitel immer schon von neuem einmal oder mehrfach getheilt. Indess zweifle ich nicht, dass Beobachtungen an günstigeren Formen, als sie mir zu Gebote standen, die Richtigkeit meiner Auffassung bestätigen werden.

Vergleicht man mit der eben gegebenen Darstellung des Längenwachsthums und der Verzweigung von Pellia die ausführliche Beschreibung, welche Hofmeister (Vergleichende Untersuchungen S. 10—15 Taf. IV u. V) von der Entwickelungsgeschichte ihrer vegetativen Organe gegeben hat, so überzeugt man sich leicht von der grossen Verschiedenheit beider Auffassungen. Hofmeister verfolgte das Wachsthum der Laubachse bis rückwärts zur Spore, sah aus derselben durch die andauernde schiefe Theilung mehrerer nebeneinanderliegender terminaler Randzellen, welche sich auch in die Breite vermehren, einen spatelförmigen Körper sich entwickeln und beobachtete, wie in dessen Vorderende die mittleren Zellen von den stärker sich entwickelnden Seitenrändern überwölbt wurden. Bis dahin lässt sich alles mit Ausnahme der schiefen Theilungen in den Randzellen, welche indess nur bei jungen Pflanzen stattfinden sollen, auf meine Darstellung vollständig zurückführen. Nun beginnt nach Hofmeister in derjenigen Zelle, welche die tiefste Stelle der Bucht einnimmt, eine lebhafte Vermehrung. Durch wiederholte Theilungen soll aus ihr allein ein „Mitteltrieb" mit fächerartiger Anordnung seiner Zellen hervorgehen. Erst jetzt, nachdem letzterer entstanden ist und eine gewisse Grösse erreicht hat, wird die Pflanze als fertig betrachtet, während das vorangegangene Stadium für Hofmeister die Bedeutung eines Vorkeimes zu haben scheint. Fortan gilt ihm für die ganze Entwickelung der Pflanze, von der Bildung des Mitteltriebes des Keimpflänzchens an, als unabänderliche Regel: „Jeder Spross entsteht durch die Verschmelzung dreier Triebe, welche ziemlich gleichzeitig in einer der Einkerbungen des Vorderrandes eines älteren Sprosses sich bilden. Jeder neue Spross zeigt deshalb gleich

bei seinem Hervortreten zwei Einkerbungen des Vorderrandes. Neue Sprossen bilden sich gesetzmässig nur in diesen, die Grenzen der verwachsenen drei Triebe andeutenden Buchten. Hierauf beruht die gabelige Verästelung der Pflanze. Das Wachsthum jedes Sprosses ist begrenzt.“ [1])

Dagegen ist erstens zu bemerken, dass, wenn ein Frühjahrstrieb, welcher an seinem vorderen Rande zwei Einbuchtungen zeigt, in der That als aus drei, in der Anlage gesonderten und gleich nach ihrer Entstehung verwachsenen Sprossen zusammengesetzt zu betrachten wäre, jeder derselben ein eigenes Scheitelwachsthum bewahren müsste; und dass sich der Mittellappen, wofern er wirklich das terminale Ende des mittleren Sprosses darstellt, im Verlauf des Längenwachsthums nicht auf Kosten der Seitentriebe überwiegend verbreitern könnte. Nun ist es aber leicht, sich davon zu überzeugen, dass bei einem Frühjahrstrieb mit zwei Buchten in jeder derselben, also an den vermeintlichen Verwachsungsstellen der drei Sprosse, der Heerd der Zellbildung zu suchen ist, und dass der mittlere und die seitlichen Lappen sich nicht selbstständig fortbilden können, sondern dass der Grad ihres Längenwachsthums (und bei dem Mittellappen auch seines Breitenwachsthums) zum grössten Theile von der Lebhaftigkeit der Zelltheilungen innerhalb der eingesenkten Scheitelregionen abhängt. Insbesondere sieht man, wie der Mittellappen, je nachdem er soeben erst entstanden ist oder sich aus den beiderseits über das Bereich des Mittelnerven hinaustretenden Randzellen der beiden Tochtersprosse schon längere Zeit vergrössert hat, den beiden Randlappen gegenüber in allen Grössenverhältnissen schwankt und seine ursprüngliche Gestalt zuletzt ganz einbüsst, indem sich die jüngeren Seitentheile über die zuerst angelegten mittleren Zellreihen hinab verlängern (s. bei Hofmeister Taf. IV Fig. 27 u. 28). Ein Frühjahrstrieb mit zwei Einbuchtungen ist deshalb nicht, wie Hofmeister glaubt, ein einfacher Spross; es hat sich an seinem Ende bereits eine Verzweigung des Scheitels und zwar eine „echte Gabelung“ vollzogen, indem die früher einfache Reihe der terminalen Randzellen sich durch die erste Anlage des Mittellappens in zwei vollkommen gleichwerthige Reihen gespalten hat, deren jede einem Tochterspross zur Grundlage dient. Träte die Dichotomie im Verhältniss zum Längenwachsthum der Laubachse seltener ein, so würde es um vieles leichter sein, sich von der Einfachheit des Vor-

1) Hofmeister, Vergl. Unters. S. 13.

ganges zu überzeugen; so aber wiederholt sie sich oft schon in dem kaum erst angelegten Tochterspross und es entsteht hierdurch eine bunte Reihe von Mittellappen, die in ihrer Grösse nur wenig von einander verschieden sind und welche Hofmeister zu seiner eigenthümlichen Auffassung, die er auch auf alle übrigen laubigen Lebermoose ausgedehnt hat, Veranlassung gegeben haben mögen. Ausser bei Pellia habe ich mich auch bei Riccia und Marchantia vergebens bemüht, die Verwachsung dreier junger Sprossanlagen zu einer Laubachse zu beobachten. Bei beiden habe ich vielmehr die bestimmtesten Andeutungen, dass die Verzweigung mit derselben Einfachheit vor sich geht wie bei Pellia epiphylla.

Wenn ich es nun zum Schluss unternehme, die Ergebnisse meiner Untersuchungen in Kürze zusammenzufassen, glaube ich hiermit eine übersichtliche Darstellung der in dem Aufsatz angewandten Terminologie und der ihr zu Grunde liegenden Principien verbinden zu sollen.

I. Zellen-Arten.

1) Scheitelzelle (Cellula verticalis = V). Lage: am vorderen Ende des Sprosses. Gestalt: im Grundriss dreiseitig. Sie wird von zwei seitlichen, unter spitzem Winkel rückwärts zusammenstossenden ebenen und einer von der Oberseite um den vorderen Rand nach der Unterseite gebogenen Wand begrenzt. Sie vermittelt (bei Metzgeria furcata und den Arten von Aneura) das Längenwachsthum der Laubachse:

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM.$$

2) Randzellen (Cellulae marginales = M). Lage: am freien Rande des Sprosses. Gestalt: im Grundriss vierseitig. Sie werden von zwei seitlichen, mit der Achse des Sprosses sich in spitzem oder rechtem Winkel schneidenden und einer rechtwinkelig zu denselben stehenden, dem freien Rande gegenüberliegenden Ebene, sowie von einer von der Oberseite um den Rand nach unten gebogenen Fläche begrenzt. Sie vermitteln (bei Metzgeria, Aneura, Pellia) das Breitenwachsthum und bei Pellia überdies noch das Längenwachsthum der Laubachse und bilden (bei Metzgeria und Aneura) die Grundlage der normalen und adventiven Seitenzweige.

Theilungsfähigkeit nach den Formeln:

$$M^n = M^{n+1} + {}_nP$$
$$M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$$
bei Metzgeria, Aneura, Pellia.

$$M^n = M^{n+1} + {}_nE$$
nur bei Aneura pinguis. (Nach Hofmeister auch bei Keimpflanzen von Pellia epiphylla.)

3) Flächenzellen (Cellulae planares = P). Lage: in der Fläche des einschichtigen Sprosses. Gestalt: im Grundriss vierseitig, später unregelmässig. Sie werden (in der Jugend) von vier, unter sich und zur Ebene der Laubachse senkrechten, allseitig begrenzten und zwei zur Fläche des Sprosses parallelen, nach oben und unten freien Wänden umschlossen. Sie vermitteln das Dicken- und Breitenwachsthum des Sprosses oder werden zu Dauerzellen.

Theilungsfähigkeit nach den Formeln:

$$P^n = {}^2P^n + {}^2P^n$$
$$P^1 = E^1 + E^1.$$

4) Aussenzellen (Cellulae exteriores = E). Lage: an der Unter- oder Oberseite einer mehrschichtigen Laubachse. Sie werden von sechs, nahezu senkrecht aufeinander stehenden Wänden umschlossen, von denen nur eine frei nach aussen liegt. Sie vermitteln entweder das Dickenwachsthum des Sprosses oder bilden eine kleinzelligere Epidermis.

Theilungsfähigkeit nach den Formeln:

$$E^n = E^{n+1} + {}_nJ$$
$$E^n = {}^2E^n + {}^2E^n.$$

5) Innenzellen (Cellulae interiores = J). Lage: im Innern der Laubachse; sie werden in der Jugend von sechs, rechtwinkelig aufeinander stehenden, allseitig begrenzten Wänden umschlossen. Sie tragen zum Dicken- oder Breitenwachsthum des Sprosses durch Theilung oder Dehnung bei,

$$J = {}^2J + {}^2J.$$

II. Zellen-Grade.

1) Zellen des ersten Grades (X^1) sind diejenigen, welche als Tochterzellen nicht aus Mutterzellen derselben, sondern einer nächst höheren[1]) Art hervorgegangen sind.

---

1) Davon macht die normale und die adventive Verzweigung von Metzgeria und Aneura eine Ausnahme. Die Scheitelzellen des ersten Grades (V^1), aus welchen der Tochterspross entsteht, gehen hier aus der nächst niedrigeren Art der Randzellen hervor.

2) Zellen des n^{ten} Grades (X^n) sind diejenigen, welche aus der $n-1^{ten}$ Theilung von Mutterzellen derselben Art hervorgegangen sind.

III. Zellen-Ordnungen.

1) Zellen erster Ordnung ($_1X$) sind diejenigen, welche unter allen Zellen der gleichen Art zuerst aus der Theilung einer Mutterzelle einer nächst höheren Art hervorgegangen sind.
2) Zellen der n^{ten} Ordnung ($_nX$) sind diejenigen, welche aus der Theilung einer Mutterzelle einer nächst höheren Art und des n^{ten} Grades hervorgegangen sind.

IV. Zellen-Generationen.

1) Zellen der zweiten Generation (^2X) sind diejenigen, welche als vollkommen gleichwerthige Tochterzellen aus einer Mutterzelle derselben Art, desselben Grades und derselben Ordnung hervorgegangen sind.
2) Zellen der n^{ten} Generation (^nX) sind diejenigen, welche aus der $n-1$maligen Wiederholung dieses Vorganges hervorgegangen sind.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel V.

Figur 1. Schematische Darstellung der Zelltheilungsgesetze beim Wachsthum des Scheitels von Metzgeria und Aneura pinnatifida. Die Theilungen der Flächenzellen in die Dicke sind unberücksichtigt geblieben (vgl. Fig. 5).

Fig. 2. Scheitelregion eines kräftigen Sprosses von Metzgeria furcata, an welchem die Entwickelung der Tochtersprosse (a und b) nach der falschen Dichotomie schon ziemlich weit vorangeschritten ist, von der Unterseite aufgenommen. — 370 mal vergrössert.

Fig. 3. Scheitel eines dürftig entwickelten Zweigsprosses derselben Pflanze. — 370 mal vergr.

Fig. 4. Vertikalschnitt durch die Scheitelregion von Metzgeria furcata. — 370 mal vergr.

Fig. 5. Schematische Darstellung der Theilungen von Rand- und Flächenzellen (Aneura pinnatifida; Metzgeria z. Th.).

Fig. 6. Jüngster Zustand der Verzweigung von Metzgeria furcata, von der Unterseite gezeichnet. — 370 mal vergr.

Fig. 7. Schema hierzu.

Fig. 8. Ein anderer Spross derselben Pflanze, im jüngsten Stadium der Verzweigung, von oben gesehen. — 370 mal vergr.

Fig. 9. Schema hierzu.

Tafel VI.

Fig. 1. Scheitelregion eines kräftigen Sprosses von Aneura pinnatifida, von der Unterseite gesehen. — 260 mal vergr.

Fig. 2. Jüngstes Stadium der Verzweigung von Aneura palmata, von oben gezeichnet. — 515 mal vergr.

Fig. 3. Schema hierzu.

Fig. 4. Beginn der Verzweigung bei Aneura pinguis, von oben gesehen. — 260 mal vergr.

Fig. 5. Schema hierzu.

Fig. 6. Vertikalschnitt durch die Scheitelregion von Aneura pinguis, an derjenigen Stelle geführt, wo die Theilung der Randzelle durch schiefe Wände in die Theilung durch senkrechte Wände übergeht.

Fig. 7. Schema hierzu.

Fig. 8. Scheitel von Pellia epiphylla nach vorhergegangener Gabelung. — 260 mal vergr.

Tafel VII.

Fig. 1. Kräftiger Spross von Aneura pinnatifida, von oben gezeichnet, die Abstufung in der Stärke des Schattens deutet die Vertheilung der Zellbläschen im Gewebe an. — 48 mal vergr. (vergl. Fig. 2 u. 3.)

Fig. 2. Vertikalschnitt durch die Scheitelregion von Aneura pinnatifida. Die Zellbläschen treten erst in einiger Entfernung vom Rande im Gewebe auf. — 260 mal vergr.

Fig. 3. Vertikalschnitt durch einen dem Scheitel etwas zur Seite liegenden Theil des Randes. Die Zellbläschen treten schon in der Randzelle selbst auf. — 260 mal vergr.

Fig. 4. Entwickelung der Brutzellen von Aneura pinnatifida an der Mutterpflanze und erste Theilung derselben. — 260 mal vergr.

Fig. 5. Vertikalschnitt durch den Scheitel von Aneura pinguis. Die Randzelle theilt sich noch durch schiefe Wände (vergl. Taf. VI Fig. 6 u. 7). — 260 mal vergr.

Fig. 6. Schema hierzu.

Fig. 7. Vertikalschnitt durch die Scheitelregion von Pellia epiphylla. — 260 mal vergr.

Fig. 8. Sporen und Schleuderzelle aus der Kapsel von Aneura palmata.

Fig. 9. Spore, bei der Keimung sich vergrössernd.

Fig. 10. Dto., durch eine Wand getheilt.

Fig. 11. Dto., durch zwei Wände getheilt.

Fig. 12 und 13. Vorkeim in späteren Stadien, noch eine einfache Zellreihe darstellend.

Fig. 14. Theil des verästelten Vorkeimes mit den Anfängen der jungen Pflanze.

Fig. 8—14 305 mal vergr.

Bemerkungen über die Schutzscheide und die Bildung des Stammes und der Wurzel

von

Robert Caspary.

Hierzu Tafel VIII und IX.

In mehreren früheren Arbeiten (Pringsh., Jahrb. 1858 I 442; Schrift. d. phys.-ökon. Ges. zu Königsberg 1860 I 77; Amtlicher Bericht üb. die 35. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Königsberg im Septbr. 1860. 1861 302) habe ich einen dunklen Fleck, der sich auf den Seitenwänden zwischen je 2 Zellen des parenchymatischen, dicht geschlossenen, bloss eine Zelle dicken Gewebstheiles in Stämmen, Wurzeln und Blättern, den ich Schutzscheide nannte, auf dem Querschnitt zeigte, als verursacht durch eine Reihe von linealen Poren dargestellt, welche auf der Seitenwand dicht unter einander liegen und wegen Brechung und Reflexion der von unten durchgehenden Lichtstrahlen weniger Licht dem Beobachter zugehen liessen, also dunkler erschienen, als der nicht poröse Theil der Zellwand, und ich habe diese Porenreihen von Bulliarda aquatica DC. (Schriften der phys.-ökon. Ges. l. c. Taf. 7 Fig. 30) und Hydrilla verticillata (Amtlicher Bericht l. c. Botanik Taf. VI Fig. 50) abgebildet. Die Zeichnungen sind richtig, aber ich habe mich überzeugt, dass die Deutung unrichtig ist. Jene dunklen linealen Stellen, welche die Seitenwand der Schutzscheide auf etwas schiefen Querschnitten zeigt, sind nicht Poren, sondern werden durch Wellung der Seitenwand verursacht, die ich schon früher einmal in andern parenchymatischen Gewebstheilen auf allen Wänden der Zellen (Botan. Zeitg. 1853 S. 801. Pringsh., Jahrb. l. c. 386) nachwies, und die vielfach die Veranlassung gewesen ist, von gestreiften oder punktirten Gefässen oder von Verdickungen der Wand da zu reden,

stens von Streifung nichts zu sehen, öfters aber sieht man sie doch (Fig. 2) ähnlich wie auf dem schiefen Querschnitt, aber etwas weniger deutlich. Dagegen sieht man auf dem radialen Schnitt oft, dass auch die obern und untern Wände der Schutzscheide einige Streifen zeigen. Behandelt man den queren oder radialen Schnitt zuerst mit Jod, das ich in verschiedenen Graden der Concentration in Jodkaliumlösung anwende, und nach Entfernung des überflüssigen mittelst Wasser und Löschblatt, mit wenig verdünnter Schwefelsäure, so werden alle Gewebstheile blau. Nur die zwei äussersten Schichten der Rinde, die verholzten Gefässe und die Schutzscheide sind braun, obgleich auch in den Wurzelhaaren und in den Gefässen sich theilweise im Innern Blaufärbung zeigt; auch in der Schutzscheide meinte ich hie und da schwache Blaufärbung in ihren innern Wandtheilen zu sehen. Setzt man dann concentrirte Schwefelsäure zu, so wird alles Gewebe verzehrt, selbst die Gefässe lassen bloss Reste zurück; nur die 2 äussersten Schichten der Rinde und die Schutzscheide bleiben braun gefärbt übrig [1]). In Wasser untersucht zeigen die Wände der Zellen der Schutzscheide bei Ficaria überall eine gleiche Dicke, ungefähr 0,0004—0,0006^{mm} d. h. die Wand der einzelnen Zelle; zwei aneinandergrenzende Wände zweier benachbarter Zellen, die meist keine Trennungslinie zeigen, sind also doppelt so dick. Dagegen nach der Behandlung mit Jod und concentrirter Schwefelsäure ist die Aussen- und Innenwand ausserordentlich dünn geworden, indem ihre innern Schichten verzehrt sind, dagegen die Seiten-, Ober- und Unterwand erscheinen so dick wie früher und fast noch etwas dicker. Dabei ist die Aussen- und Innenwand höchst blassbräunlich, die Seiten-, Ober- und Unterwand dagegen braun von mässiger Färbungstiefe. Jedoch ist nicht die ganze Seiten-, Ober- und Unterwand braun, sondern nur ein mittleres Band in ihr, das die Wellung trägt. Unter Wasser ist die Seitenwand einschliesslich der Kanten 0,0076 bis 0,01146^{mm} breit und die Breite der gewellten Fläche bezüglich: 0,0057—0,0095. Auf den mit Jod und concentrirter Schwefelsäure behandelten Schnitten ist nach Verzehrung der innern Schichten der Aussen- und Innenwand und der Kanten der Seitenwand, welche Kanten selten noch kenntlich sind, das Verhältniss zwischen der Breite der Seitenwand und des braunen gewellten Bandes auf ihr, wie zuvor unter Wasser. Ich fand die Seitenwand in einer mit Jod

---

1) Dass die Schutzscheide der concentrirten Schwefelsäure längere Zeit widerstehe, giebt Sachs (Bot. Zeitg. 1859, 188) bei einigen Keimlingen (Ricinus comm., Helianthus ann., Xanthium strumar. u. a.) an.

und concentrirter Schwefelsäure behandelten Zelle der Schutzscheide 0,0115^{mm}, das braune Wellenband 0,0057—0,0076^{mm} breit, in einer andern Zelle die Seitenwand zwischen den deutlichen, scharfeckigen Kanten 0,0067^{mm} und das braune gewellte Band 0,0038—0,0048 breit.

Unter Wasser sah ich in sehr seltenen Fällen auf dem radialen Schnitt flache, rundliche zahlreiche Poren auf der Seitenwand der Schutzscheidezellen (Fig. 6), in bei Weitem den meisten derselben ist sie gleichmässig verdickt.

Nach Behandlung mit Jod und concentrirter Schwefelsäure finden sich immer einige Zellen der Schutzscheide, die sehr tief braun auf allen Wänden sind und sich dadurch vor den andern auszeichnen. Sie haben keine bestimmte Lage unter den übrigen.

Bei Elodea canadensis Mich., deren Stamm von mir (Pringsh., Jahrb. I 439 ff.) beschrieben ist, bietet die Schutzscheide ungefähr dieselben Verhältnisse, wie bei Ficar. ranunc.; ihre Zellen sind auf dem tangentialen Schnitte auch fast rechteckig, jedoch viel länger; bei Ficar. ranunc. sind sie von 0,0267—0,0897^{mm} lang, bei Elodea (Fig. 8) dagegen 0,176—0,182^{mm} und noch länger. Der Querschnitt zeigt die Seitenwand von einer Kante zur andern 0,0057—0,0076^{mm} breit; der dunkle Fleck der Seitenwand nimmt auf ihr eine Breite von 0,0038^{mm} ein und ist gestaltet, wie bei Ficar. ranunc. Auf dem radialen Schnitt konnte ich Streifung nie sehen; auf dem tangentialen sieht man unter Wasser die Wellen auch gar nicht, oder nur sehr schwach, da sie ohne Zweifel von den Kanten verdeckt werden; aber nach Zuthun von wenig verdünnter Schwefelsäure oder Kalilauge tritt sie sehr deutlich auf den seitlichen Wänden hervor (Fig. 8). Behandelt man einen Stammquerschnitt mit Jod und verdünnter Schwefelsäure, so wird alles Gewebe gebläut. Die einfachen Leitzellen in des Stammes Mitte zeigen ein etwas schmutziges Blau, das Parenchym der Rinde ein reines, schönes, dagegen die Schutzscheide wird gebräunt, nur der innerste Wandtheil wird blau und zeigt sich mit schwachem, bläulichem Schimmer neben dem Braun des äussern. Zieht man die verdünnte Schwefelsäure durch Löschblatt ab und setzt concentrirte hinzu, so werden alle Gewebstheile verzehrt, bloss die Cuticula des Stammes und die Schutzscheide bleiben braun gefärbt zurück. Unter Wasser sind alle Wände der Zellen der Schutzscheide (und zwar die einzelne, nicht die doppelte Wand), etwa 0,00047^{mm} dick; nach Behandlung mit Jod und concentrirter Schwefelsäure dagegen ist die Aussen- und Innenwand unmessbar dünn geworden und

ebenso der Rand der Seiten-, Ober- und Unterwand, jedoch der wellentragende, bandartige Mitteltheil von 0,0038 mm Breite hat auf der Seiten-, Ober- und Unterwand die frühere Dicke von 0,00047 behalten. Wie die Zellen der Schutzscheide stets, hängen auch hier alle nach Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure aufs Festeste als ein Ring oder Rohr zusammen. Die Aussen- und Innenwand sind in den mit concentrirter Schwefelsäure getränkten Zellen so sehr dünn und selbst nach vorgängiger Behandlung mit Jod so schwach gebräunt, dass man an ihrem Dasein zweifeln könnte; aber da die Zellen der Schutzscheide selbst auf dünnen Querschnitten an Stellen zusammenhängen, wo keine horizontale Querwand ist, — man gewinne durch Andrücken des Deckglases und schwaches Hin- und Herschieben desselben ihre Längsansicht nach Behandlung mit Jod und concentrirter Schwefelsäure, — wird schon hiedurch bewiesen, dass die Vorder- und Hinterwand, oder wenigstens eine von beiden, auch hier noch, obgleich dem Auge nicht deutlich, da sein müsse. Behandelt man jedoch nach Abziehen der concentrirten Schwefelsäure durch Löschblatt und Abspühlen mit Wasser, noch einmal die Schutzscheide mit Jod, so wird nun die bis dahin ganz undeutliche oder gar nicht sichtbare Vorder- und Hinterwand oft mit sehr bestimmter Begrenzung als braungelbe, höchst dünne Haut erscheinen. Ich bemerke, dass ich jetzt (15. März) die derberen, überwinterten Stämme untersuchte. In jugendlichen, jetzt schon wachsenden Trieben zerstört dagegen die Schwefelsäure die Schutzscheide, welche erst Anfänge von Wellung zeigte, ganz. Nicht weit unter der Spitze des treibenden Stammes sind alle Zellen der Rinde, auch die der Schutzscheide, dicht mit Stärke erfüllt, während das centrale Leitzellenbündel in den einfachen Leitzellen trübe, durch Jod bräunlichgelb gefärbte, körnige Stoffe enthält. Die Stärkekörner der Schutzscheide sind kleiner als die der übrigen Rinde, sonst ist die Stärke, obgleich ich von mehreren Stämmen in verschiedener Höhe unter der Spitze Schnitte machte, nicht reichlicher und dichter in der Schutzscheide als in den übrigen Rindenzellen. Endlich mit Hervortreten der Wellung der Schutzscheide bei beträchtlicher Dehnung der Zellen in die Länge erscheint die Stärke in allen Zellen der Rinde spärlicher, aber ihre Körner sind viel grösser als dicht unter der Spitze und oft mit Chlorophyll durchzogen, aber aus der Schutzscheide ist dann alle Stärke für immer verschwunden [1]).

---

1) Als ich 6 Wochen später, als die oben angegebene Untersuchung der vorjährigen Knollenwurzeln von Ficar. ranunc. gemacht wurde, in der 2. Hälfte des April in

Etwas abweichende Verhältnisse bietet die Schutzscheide derjenigen Wurzeln und Stämme, bei welchen sie bei ihrer völligen Aus-

---

diesem Jahre gebildete Knollenwurzeln des Stengels zur Zeit der besten Blüthe der Pflanze untersuchte, zeigte die Schutzscheide in Betreff des Inhalts folgende Verhältnisse. Die Schutzscheide hatte $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Linie über der Spitze der Wurzel keine Stärke, sondern wenigen, trüben, grauen Körnerstoff, der keinen Unterschied von dem Inhalt der jugendlichen parenchymatischen Zellen zwischen den sich bildenden Gefässbündelsträngen zeigte und durch Jod gelblich wurde. Die 5 — 6 Stellen, wo die einfachen Leitzellen zwischen den Gefässsträngen später auftreten, haben nach Anwendung von Jod kaum eine tiefere gelbliche Farbe. Dagegen in der Mitte der Wurzel, 2 — $2\frac{1}{2}'''$ über der Spitze hat die Schutzscheide vor den 5 — 6 Gefässbündelgruppen etwas Stärke, die kleinkörniger als die der Rinde ist und nie so dick als im Parenchym der Rinde liegt, das ganz damit angefüllt ist; bisweilen ist die Stärke sogar sehr spärlich in den Zellen der Schutzscheide enthalten. Auch das Parenchym des Systems der Gefässbündel, welches rechts und links von den Gefässsträngen und nach Aussen vor ihnen liegt, zeigt Stärke. Dagegen entbehren die Schutzscheidezellen vor den 5 — 6 Strängen der einfachen Leitzellen, die mit den Gefässbündelsträngen abwechseln, der Stärke und ihr trüber, zartkörniger Inhalt wird durch Jod schwach gelblich gefärbt. Im obersten, ältesten Theil der Wurzel, dicht unter der Ansatzstelle war die Stärke im Parenchym des Systems der Gefässbündel vor den Gefässsträngen und rechts und links von ihnen sehr vermindert und in der Schutzscheide bereits für immer ganz verschwunden. Das Mark führt nie Stärke. Bei Charlwoodia rubra Pl., deren Schutzscheide ich gleich näher beschreiben werde, enthält die Wurzel in keinem Alter und an keiner Stelle jetzt im März und April — ich untersuchte die Wurzeln von kräftigen als Stecklinge gezogenen Pflanzen — Stärke. Der schwach körnige Inhalt des Cambium der Wurzelspitze, der cambiale centrale Strang über der Spitze, wird durch Jod auf Längsschnitten gelblich, der der äussern Lage der Rinde und der Wurzelhaube bräunlich. Die Schutzscheide von Charlwoodia führt nur in der Nähe des Wachsthumspunkts der Wurzel etwas trübe, körnige, fast farblose Stoffe, später stets farblose Flüssigkeit. Man sieht, dass die Angaben von Sachs (Bot. Zeitg. 1859, Nr. 20 u. 21; Pringsh., Jahrb. III 194), der hauptsächlich Keimlinge untersuchte, dass die Schutzscheide immer Stärke enthalte, dass ihre Zellen dichter mit Stärke erfüllt seien, als die der Rinde und dass sie sich länger darin halte, nur individuelle und nicht allgemeine Bedeutung haben und auf Beobachtungen von zu geringem Umfange gestützt sind. Uebrigens ist die „Stärkeschicht" von Sachs sicherlich mit der Schutzscheide synonym; der Inhalt ist ein sehr wechselnder und verschiedener, wie in den meisten andern Gewebstheilen, und über ihn sind erst umfassende Untersuchungen zu machen, aber die Lage der Schicht, ihr fester Schluss ohne Zwischenzellräume, die chemische und morphologische Beschaffenheit der Wand sind im mittleren Alter überall dieselben; erst bei völliger Ausbildung kommen oft sekundäre Verdickungslagen der Zellwand und aussen häufig mehrere stark verdickte Hilfslagen von Zellen zur Verstärkung hinzu. Ob die parenchymatische Lage von Zellen, welche die Leitbündel des Blatts bei Phaseolus, Viola u. s. w. nach Sachs umgeben und die Sachs (Pringsh., Jahrb. III 196) nur als „der Stärkeschicht entsprechend" bezeichnet oder die stärkehaltige Schicht, welche im Blatt von Zea Mais die Gefässbündel umgiebt, wirklich zur Schutzscheide gehören, ist zu untersuchen. Nur in wenigen Fällen fand ich in völlig entwickelter, stark verholzter Schutzscheide Stärke, so bei Cladium,

bildung durch oft sehr starke spätere Holzlagen in der Wand verdickt wird, wie bei den Wurzeln von Cyperus Papyrus L., Scirpus lacustris, Phragmites communis, den Dracaeneen, den Stämmen von Potamogeton u. m. a. Als Beispiel führe ich Charlwoodia rubra Pl. an.

Bei wenig treibenden Wurzeln von Charlwoodia rubra fand ich im Frühjahr (März, April) schon $\frac{1}{2}'''$ über der Wurzelspitze die Schutzscheide deutlich erkennbar, aber wenig entwickelt. Bei $2\frac{1}{2}'''-6'''$ über der Spitze war sie ungefähr von demselben Bau, wie die von Ficaria ranunculoides. Sechs Linien über der Wurzelspitze (Fig. 10) zeigten sich auf etwas schiefem Schnitt die linealen, dunklen Streifen fast über die ganze Breite der Seitenwand von Kante zu Kante fortgehend. Die Zellen haben eine Breite (in tangentialer Richtung) von 0,0229—0,0248^{mm} und eine Tiefe (in radialer Richtung) von 0,0115—0,0134^{mm}, die Länge beträgt 0,076—0,159^{mm}. Die obere und untere Wand sind meist etwas schief und die Zellen erscheinen daher auf dem tangentialen Schnitt trapezoidisch. Die Dicke der Wand, welche überall dieselbe ist, beträgt 0,00047^{mm}. Auf verschiedenen Stellen, besonders gegen die Spitze der Wurzel zu, fand ich, dass die stärkste Wellung der Seitenwand und mithin der dunkle Fleck auf dem Querschnitt nicht in der Mitte, sondern mehr gegen die Innenwand zu lag (Fig. 12), ein Verhältniss das mit dem Entwicklungszustande der Schutzscheide und der Wellung übrigens nicht zusammenhängt, da auf denselben Schnitten an andern Stellen die Wellung gleichmässig von einer Kante der Seitenwand zur andern statt fand. Die Wellung war auf dem tangentialen Schnitt, auf dem ihr Profil zu erwarten gewesen wäre, nur andeutungsweise zu sehen. Jod und wenig verdünnte Schwefelsäure färbten alles Gewebe blau; selbst die Gefässe wurden schmutzig blau, auch die Innenseite der Wände der Schutzscheide zeigte Blaufärbung, aber die äussern Wandtheile ihrer Zellen und die beiden äussersten Zelllagen der Rinde wurden braun. Auch hier verstärken Schwefelsäure und Kali die Wellung bedeutend. Zieht man die wenig verdünnte Schwefelsäure ab und ersetzt sie durch concentrirte, so wird alles Gewebe zerstört, bloss die beiden äussersten Lagen der Rinde, die Schutzscheide und Reste der Gefässe bleiben zurück. Die Zellen der Schutzscheide hängen alle aufs Engste zusammen und bilden eine ringförmige Haut.

Mariscus und Carex arenaria; bei beiden in der Wurzel; bei Cladium führt bloss die Schutzscheide Stärke, bei Carex arenaria auch die stark verdickten parenchymatischen Zellen zwischen den Gefässen.

Die Kanten der Zellen der Schutzscheide sind starke und derbe braune Linien, sie sind entweder gerade oder auch gewellt; die obere, untere und seitliche Wand ist gleichmässig braun, ohne dass man hellere Ränder oder hellere Poren darauf unterscheiden kann, die Aussen- und Innenwand sehr blassbraun. $\frac{1}{2}'''$ über der Wurzelspitze wurde die Schutzscheide ganz und gar von concentrirter Schwefelsäure aufgelöst und ihre Widerstandsfähigkeit gegen dieselbe bildet sich erst allmälig und in zunehmendem Grade aus, je weiter sie von der Spitze abrückt.

Die sich weiter entwickelnde Schutzscheide von Charlwoodia rubra wird nach und nach in ihren Zellen stark und ungleichmässig verdickt (Fig. 11). Völlig ausgebildet zeigt die Aussenwand sich am dünnsten, ist aber doch 0,0013 ^{mm} dick, d. h. dreimal so dick als $\frac{1}{2}'''$ oder 6''' über der Wurzelspitze. Die Innen- und Seitenwand sind dagegen sehr stark verdickt; die Innenwand ist in der Mitte 0,0038 ^{mm} dick, die Seitenwand ist nach der Aussenseite hin etwas dünner, nach der Innenseite, wo sie sich an die Innenwand anlegt, dagegen noch dicker, so dass die Zellhöhlung im Querschnitt dreieckig ist. Schichtung ist in der Verdickung deutlich sichtbar. Ringsum lassen die Zellen der Schutzscheide, wie die anstossenden holzigen Zellen des Systems der Leitbündel die sogenannte primäre Wand (Fig. 11 w), eine durch 2 Linien begrenzte Schicht erkennen, die, obgleich sie 2 Zellen gemeinsam angehört, doch keine Trennungslinie zeigt. Merkwürdig ist es, dass trotz der ausgezeichnet starken Wandverdickung, trotzdem, dass die Zellen der Rinde und die angrenzenden holzigen Zellen des Systems der Leitbündel Poren besitzen, die Zellen der Schutzscheide davon weder auf dem Querschnitt noch auf dem radialen Schnitt irgend eine Spur zeigen (Fig. 13). Die angrenzenden Zellen der Rinde (Fig. 13 Seite a) und die des Systems der Leitbündel (Fig. 14 auf Seite b) haben beide sehr dichte Poren; die der Rindenzellen sind unten kaum, die der Holzzellen dagegen unten etwas erweitert; sie erscheinen von oben gesehen kreisrund bis oblong, haben aber kaum einen Hof; der Porengang ist meist horizontal, spaltenförmig und oblong. An der primären Haut, die sich zwischen den Holzzellen und den Schutzscheidezellen durch 2 Linien begrenzt, deutlich besonders auf der Innenseite der Schutzscheidezellen erkennen lässt, hören die Poren auf und ihnen gegenüber in der Schutzscheidezelle entspricht keine Verdünnung, sondern gleichmässige, parallele Verdickungslagen. Es ist mir nicht bekannt, dass sonst irgendwo stark verdickte Zellen mitten im Gewebe gefunden sind, die gar

keine Poren haben. Porenlos, wie die Schutzscheide von Charlwoodia rubra ist die von Cordyline reflexa Pl., Cordyline fruticosa Goepp., Cordyl. fragrans Pl., Cordyl. marginata Goepp., also wohl aller Dracaeneen. Dass eine so stark verdickte, porenlose, ohne Zwischenzellräume an einander schliessende Zellschicht, die den Gefässbündelkörper als Rohr umgiebt, in ganz besonderer Weise für Gase und Flüssigkeiten schwer durchdringlich oder ganz undurchdringlich ist, lässt sich vermuthen. Durch den Mangel an Poren tritt eine neue Beziehung zwischen der Schutzscheide und den Zellen der Oberhaut hervor, die wenigstens gewöhnlich auf der Aussenseite Poren nicht besitzen, wohl um in ähnlicher Weise wie die Schutzscheide die von ihnen umhüllten Gewebstheile schützend gegen äussere Einflüsse abzuschliessen. Poren mangeln übrigens in der stark verdickten Schutzscheide nicht bei allen Pflanzen; bei Cyperus Papyrus (Wurzel), Triticum repens L. (Wurzel), der rothen Jamaica-Sassaparilla sind alle Wände der Schutzscheide mit Poren versehen.

Der dunkle Fleck der Seitenwände der Schutzscheide, den jüngere Zustände zeigen, ist bei Charlwoodia in den so stark verdickten Zellen, wie stets bei allen Pflanzen, in deren Schutzscheide stärkere Verdickung später eintritt, gänzlich verschwunden. Ohne Zweifel ist die Wellung durch bedeutende Ausdehnung der Zellen in die Länge und spätere stärkere Streckung der Seitentheile der Wände ausgeglichen, denn die Länge der Schutzscheidezellen, die früher 6‴ über der Spitze der Wurzel gemessen wurden, beträgt nun 0,1833 bis 0,281 ^{mm}, ist also $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ mal so bedeutend als früher. Freilich ist jede Schutzscheidezelle später, nachdem schon die sekundäre dicke Zellwand fast ganz fertig war, noch einmal in der Mitte durch eine dünne, gleichmässig dicke Wand getheilt (Fig. 13 e), die alten horizontalen Wände der Schutzscheidezellen (Fig. 13 c, d) sind dagegen nicht gleichmässig dick, sondern auf der Innenseite bedeutend dicker, 5—6 mal so dick, als auf der Aussenseite. Die Zellen der letzten Theilung der Schutzscheide sind: 0,0611—0,113 ^{mm} lang, also ungefähr so lang als ihre Mutterzellen 6‴ über der Wurzelspitze waren.

Das Gewebe der Rinde ist bei der erwachsenen Wurzel gänzlich bis auf wenige äusserste Schichten verschwunden, welche wie ein loser Sack das walzige System der Gefässbündel umgeben; dies selbst ist jedoch eingeschlossen von der stark verdickten Schutzscheide, bis auf welche hin das Parenchym der Rinde verwest ist. Die nicht poröse, stark verdickte Gewebsschicht, welche in Rede steht, bildet

jetzt ganz allein um das System der Gefässbündel eine schützende Einfriedigung und führt ihren Namen wahrlich mit Recht.

Behandelt man einen Querschnitt dieses Systems der Gefässbündel, umgeben von der Schutzscheide, mit Jod und wenig verdünnter Schwefelsäure, der man concentrirte nachfolgen lässt, so werden alle Gewebstheile, die wie die Zellen der Schutzscheide, auch durch spätere Wandablagerungen stärker verdickt sind, unter beträchtlichem Aufquellen nebst den Verdickungsschichten der Schutzscheide zu körnigen Massen im Durchgange von schmutzigem Blau zu Braun umgewandelt und zerstört. Braun gefärbt bleibt nur übrig die äusserste Schicht der Wand der Schutzscheidezellen (Fig. 11 w), welche nun jedoch keine Wellung mehr erkennen lässt, gleichmässig verdickt erscheint und im festesten Zusammenhange aller Zellen untereinander eine ring- oder rohrartige Haut darstellt. Ihre äusserste Lage, die übrigens in keiner Weise erkennbar ist, bildet offenbar der Theil der Zellen der Schutzscheide, der auch früher in weniger entwickeltem Zustande vor Anlage der holzigen sekundären Verdickungsschichten auf Schnitten 6‴ über der Wurzelspitze und höher hinauf, der Schwefelsäure widerstand. Jetzt widersteht der Schwefelsäure aber nicht die primäre Wand der Schutzscheide allein, sondern die primäre Wand der Holzzellen und Gefässe bleibt ebenfalls als tiefbraune Haut in Form eines Netzwerks und in stetem Zusammenhange mit jenem tiefbraunen äussersten Theil der Schutzscheidezellen zurück. Als ich dies Netzwerk auf dem Tragglase, welches auf ein feines Drahtnetz gelegt war, $\frac{1}{4}$ Stunde lang in Kalilauge unter fortwährender Erneuerung des verdunsteten Wassers gekocht hatte, ging die tiefbraune Farbe desselben ins Bräunlichgelbe über. Nach nochmaliger Behandlung mit Jod und Schwefelsäure wurde seine Farbe wieder tiefbraun. So liess sich also Cellulose darin nicht nachweisen. Ich kochte nun andere Schnitte 1—1$\frac{1}{2}$ Minuten lang im Tiegel in Schultz'scher Mengung, wodurch die primäre Wand an vielen Stellen eine etwas körnige Beschaffenheit annahm und behandelte nun mit Chlorzinkjod. Da wurde die primäre Wand der Schutzscheide lichtbraun und die verholzte sekundäre Wand schön blau; die primäre Wand der Holzzellen und Gefässe zeigte jedoch schon hie und da lichtblaue Färbung. Interessant war es mir zu sehen, dass auf den so behandelten Zellen der Schutzscheide die Seitenwände, wenn man sie im Profil sah, etwas Wellung zeigten, die ich unter Jod und Schwefelsäure in der ausgebildeten Schutzscheide nicht mehr wahrnahm. Als ich ferner ebenfalls in Schultz'scher Mengung 1 Minute lang gekochte

Schnitte nochmals für einen Augenblick in Kalilauge erhitzte und andere in kalter Kalilauge etwa 18 Stunden liegen liess, zeigte die primäre Haut auch der Schutzscheidezellen nach Behandlung mit Chlorzinkjod schöne lichtblaue Färbung, mithin die Reaktion der Cellulose, wie Sanio (Bot. Zeitg. 1860, 207) dies schon bei andern Pflanzen nachwies. So vorsichtig ich übrigens verfuhr, gelang es mir doch nur hie und da, die primäre Haut der Schutzscheide im ganzen Umfange der Zelle zu erhalten. Die Kalilauge, selbst wenn sie kalt und nur kurze Zeit angewandt wird, hat nach der Einwirkung der Schultz'schen Mengung eine höchst zerstörende Wirkung auf das ganze Gewebe. Die sekundären verholzten Schichten quellen bei Netzung mit Kalilauge sehr auf und die primäre Haut der Schutzscheidezellen wurde dadurch meistens auf der Aussenhälfte der Seitenwand zerrissen. Am Rande der Schnitte wurde die primäre Haut der Holzzellen und Gefässe meist aufgelöst und verschwand gänzlich; wo sie gegen die Mitte des Schnitts blieb, zeigte sie sich nach Einwirkung von Chlorzinkjod sehr hellblau, heller als die der Schutzscheide und zwischen je 3 Zellen traten dreieckige Kantenverdickungen in der primären, hellblauen Haut deutlich hervor. Eine Spaltung in 2 Schichten konnte ich jedoch nirgend wahrnehmen; nur an den Zwischenzellräumen, welche die Schutzscheide mit den Resten der anliegenden Rindenzellen bildet, war die primäre Haut der Schutzscheidezellen deutlich einfach vorhanden. Von Zellzwischenstoff war nirgend eine Spur wahrnehmbar.

In manchen Fällen, z. B. bei Brasenia peltata im Hauptstamm, nicht Ausläufer (Fig. 9), sind die porenartigen Zeichnungen der Seitenwände der Schutzscheidezellen nicht lineal, sondern oblong, begrenzt von 2 deutlich konvexen Linien, jedoch sind die Enden dieser oblongen Zeichnungen meist nicht spitz und scharf, sondern matt, verflossen und fast abgestumpft.

Es bedarf nur weniger Andeutungen, um klar zu machen, wie die Wellen einer Wand schief von oben gesehen jene linealen oder oblongen dunkleren Stellen bewirken müssen. Gehen die Wellen in gleicher Höhe über die ganze Breite der Wand, so wird man, die gewellte Wand schief unter spitzem Winkel betrachtet, immer einen einfachen Streifen der Wand, abwechselnd mit einem dreifachen sehen, auf dem Theile von 2 Wellenseiten eine dritte ganz decken. Der letztere dreifach dicke Streifen, begrenzt durch das Profil eines Wellenthals und eines Wellenberges, wird bei durchfallendem Licht dunkler als der erste einfache Streifen erscheinen, einmal, weil die

Zellwand in ihm dicker, nämlich dreifach ist, dann aber auch, weil durch die dreifache Reflexion an diesen 3 Wellenseiten mehr Licht verloren geht, als an dem einfachen Wandstreifen. Es werden also hellere und dunklere lineale Streifen abwechseln. Dies erläutert Fig. 15, wo die derberen Linien die Profile der Wellenberge, die zarteren die Profile der Wellenthäler darstellen. Die oblongen Zeichnungen auf den schief gesehenen Seitenwänden der Schutzscheidezellen entstehen in derselben Weise dann, wenn die Wellen in ihrer Mitte am höchsten und gegen die Seiten hin allmälig niedriger werden. Fig. 14 ist dafür die schematische Darstellung. Sieht man eine gewellte Zellwand von ihrer Fläche, wie im radialen Schnitt, so wird bei stark entwickelten Wellen Streifung entstehen, weil (Fig. 16) die Wellenberge und Thäler hell erscheinen im Vergleich mit den fast im Profil gesehenen, folglich eine dickere Masse bietenden und wegen stärkerer Reflexion weniger Licht durchlassenden, also dunkleren Seiten der Wellenberge und Wellenthäler; in Fig. 16 entspricht im Streifen c d ein heller Theil immer abwechselnd einem Wellenberge und einem Wellenthale der gewellten Wand a b und ein dunkler Streifen immer einer im Profil gesehenen Seite einer Welle.

Die Frage: Ist die ausgebildete, durch Jod und Schwefelsäure braun gefärbte, der concentrirten Schwefelsäure widerstehende primäre Zellwand der Schutzscheide und des angrenzenden Leitbündelkörpers, deren Grundlage Cellulose ist, als verholzt, oder als verkorkt oder in noch anderer Weise zu bezeichnen? ist zur Zeit weder bei Charlwoodia rubra noch anderwegen zu beantworten. Die chemischen Eigenschaften des Korks sind bisher so mangelhaft untersucht (vergl. Sanio in Pringsheim, Jahrb. II 56) und die „substance incrustante" von Payen ist so gänzlich im Dunkeln — die Untersuchungen von Poumarède und Figuier (Compt. rend. XXIII 918) brachten ihr kein Licht — dass Holzstoff und Korkstoff noch kein klares Verhältniss zu einander haben und mikrochemisch nicht sicher unterschieden werden können. Das angegebene chemische Verhalten der primären und der sekundären Schichten der Wand ist übrigens so verschieden, dass die Eigenschaften, welche beide zeigen, mehr für einen qualitativen, als für einen quantitativen Unterschied ihres Stoffes zu sprechen scheinen. Der Kürze der Bezeichnung halber werde ich dem Gebrauch gemäss auch die primäre Wand der Schutzscheide im Folgenden verholzt nennen, obgleich ich damit die Frage: ob in ihr Holzstoff, oder Korkstoff, oder sonst ein Stoff abgelagert sei, in keiner Weise beantworte.

Ich fasse die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchung kurz zusammen:

1) Die primäre Seitenwand der Schutzscheide zeigt ihr Leben lang, wenn sekundäre spätere Ablagerungen auf ihr nicht stattfinden, oder im mittleren Alter, bevor diese stattfinden, senkrecht von oben im Querschnitt gesehen, fast über ihre ganze Breite hin oder in der Mitte eine rechts und links vorspringende dunkle Stelle, die auf etwas schiefem Querschnitt bei tieferem Einstellen des Objektivs sich in dunklere, porenartige, horizontale, lineale oder oblonge Flecke umwandelt. Dieselbe Erscheinung zeigt die obere und untere Wand auf radialen Schnitten.

2) Die linealen oder oblongen porenartigen Flecke sind verursacht durch Wellung der seitlichen, obern und untern Wand, welche Wellung sich bald fast über die ganze Breite der Wand erstreckt, bald nur in einem schmäleren bandartigen Streifen stattfindet.

3) Der primäre Theil der seitlichen, obern und untern Wand verholzt in der Breite der Wellung früher und dicker, als der nicht gewellte Rand und als die vordere und hintere Wand der Schutzscheidezellen, und widersteht nebst der Cuticula oder dem Epiblema oft bloss allein der Schwefelsäure von den Gewebstheilen des Organs, in dem die Schutzscheide sich findet.

4) Bei vielen Pflanzen gleicht sich durch spätere Streckung die Wellung aus, auf dem Querschnitt verschwinden die dunklen Stellen neben der Seitenwand und es treten geschichtete, sekundäre Ablagerungen auf der verholztęn primären Wand auf, welche dicker auf der Innenwand und dem innern Theil der Seitenwände, am schwächsten auf der Aussenwand sind.

5) Die Schutzscheide entbehrt entweder aller Poren, auch bei der ausgezeichnetsten Dicke der sekundären Schichten (Dracaeneen), oder sie besitzt Poren.

6) Die Schutzscheidezellen bilden ein festgeschlossenes Rohr, ohne Zwischenzellräume, um das Organ, das sie umgeben.

Die Ansicht von Karsten, welcher bloss die durch sekundäre Lagen verdickte Schutzscheide kannte und sie „Holzcylinder" nennt, dass sie die verholzte „Cambiumschicht" sei, welche Rinde, Mark und Gefässbündel gebildet habe und eigentlich zur Verdickung des Stamms oder der Wurzel bestimmt sei, welche Ansicht Schacht später ebenfalls aussprach, habe ich schon früher als der Erste durch einige Gründe widerlegt (in Pringsh., Jahrb. I 441 ff.) und später an einigen Beispielen der einfachsten mono- und dikotylen Stämme

gezeigt (an Aldrovandia. Bot. Zeitg. 1859, 133, 148, an Hydrilla und Elodea. Amtl. Bericht der 35. Versamml. deutsch. Naturf. u. Aerzte l. c. 316), dass die Bildung des Stammes keineswegs von einem „Cambiummantel“ in der Endknospe des Stammes als lokaler, cambialer Schicht ausgeht, sondern dass alle Zellen der Endknospe und noch vieler unter ihr liegender Internodien Cambium sind und sich als Mutterzellen der verschiedenen Gewebstheile verhalten, so dass jeder Gewebstheil seine ihm eignen Mutterzellen hat und nicht eine örtliche cambiale Schicht die Mutterzellen für alle Gewebstheile enthält. Der einzige, axile Strang von Leitzellen dieser einfachsten Stämmchen bildet sich geradezu in allmäligstem, unmerklichstem Uebergange aus den centralen Zellen der cambialen Stammspitze, welche seine Mutterzellen werden. Ich bemerkte l. c., „dass in ganz analoger Weise viel zusammengesetztere Stämme, wie die der Nymphaeaceen, Palmen (Chamaedorea schiedeana, Rhapis flabelliformis), Butomeen u. a. sich bildeten“, d. h. dass auch hier ohne einen lokalen „Cambiummantel“, aus dem alle Gewebstheile entständen, die Mutterzellen der einzelnen Gewebstheile in der Endknospe liegen und an ihren eigenen Orten die einzelnen Gewebstheile in bestimmter Reihen- und Zeitfolge bilden, dass also die äusserste Zelllage der Endknospe und die nächst anliegenden Schichten in verschiedener Zahl, je nach der Pflanzenart, die äusserste Zelllage des Stammes und die Rinde erzeugen, dass andere cambiale Zellen der Stammspitze Mutterzellen des Marks, andere der Leitbündel, andere der Markstrahlen seien, dass mithin ein „Cambiumrohr“ bei den angegebenen Pflanzen gar nicht vorhanden sei, dass bei andern, bei denen es auftrete und zwischen den Leitbündeln eine Verbindung herstelle, diese doch vor diesem Rohr und ohne dasselbe einzeln entständen. Die Ergebnisse der Untersuchungen Nägeli's (Beiträge zur wissenschaftl. Botanik 1. Heft, Lpzg. 1858) stimmten im Allgemeinen mit den meinigen überein.

Es hat Sanio (Bot. Zeitg. 1863, 357 ff.) nicht in der angegebenen Weise die Analogie in der Bildung der zusammengesetzteren Stämme und Wurzeln und der einfachsten Stämme mit einem axilen Leitbündel, deren Bildung ich genau darlegte, zu finden vermocht, Er leitet wie Karsten, Schacht und Mohl die Entstehung des Pflanzenstamms im Allgemeinen von einer lokalen cambialen Schicht ab, die er „Verdickungsring“ nennt und unterscheidet davon, ob mit Recht oder nicht, will ich nicht erörtern, eine sekundäre, spätere Verdickungsschicht, die zwischen Holz und Bast thätig ist, die er „Cambiumring“ nennt; jedoch macht Sanio über diejenigen hinaus,

welche die erste Anlage des Stammes allein durch einen „Cambiummantel“ entstehen lassen, den Fortschritt, dass er nach dem Vorgange von Nägeli und mir das primitive Mark und die Rinde nicht aus dem Cambiummantel, sondern aus von diesem unterschiedenen Mutterzellen der Endspitze ableitet. Die Monokotylen haben nach Sanio nur den „Verdickungsring“, die Dikotylen mit sich verdickendem Stamm sowohl diesen, der die primären Gefässbündel und das „Zwischengewebe“ anlegt, als auch den Cambiumring. Die von mir gegen Karsten und Schacht angeführten Gründe, dass die Schutzscheide nicht die verholzte „Cambiumschicht“ (Karsten und Schacht) sei, ist Sanio auch ohne Nachuntersuchung geneigt als richtig anzuerkennen, giebt zu, dass jener Gewebstheil nicht die Bestimmung den Stamm zu verdicken habe, d. h. kein verholzter „Cambiumring“ (Sanio) sei, behauptet aber, dass durch ihn der Theil des Stammes, der die Gefässbündel führt, angelegt sei und er mithin ein „verholzter Verdickungsring“ (Sanio) sei (l. c. 385). Es ist dies im Wesentlichen bloss eine Namensumtaufe. Die Schutzscheide wäre danach doch immer ein Gewebstheil, der als cambiale Schicht den Stamm gebildet hätte, später aber verholzte. Diese Ansicht steht mit der Natur in Widerspruch. Schon früher (Pringsh., Jahrb. I 444 u. 585) habe ich ausdrücklich gesagt: „Die Schutzscheide besteht bei vielen Pflanzen aus mehreren Zelllagen und findet sich nicht bloss als Hülle des ganzen Gefässbündelsystems, sondern auch der einzelnen Gefässbündel, so bei Cyperus alternifolius z. B. und den Farrn.“ Dies hat Sanio übersehen. Bei den Farrn, z. B. Asplenium esculentum Presl, Polypodium pustulatum Forst., findet sich die Schutzscheide, so wie sie bei Ficaria ranunculoides, Elodea canad. zeitlebens, bei Charlwoodia vor den sekundären Verdickungslagen auftritt, mit der Wellung auf der Seitenwand und der Verholzung, die der Schwefelsäure widersteht, als zarte enggeschlossene Zelllage an der Grenze der Leitbündel, jedes einzelne umgebend, so viel ihrer im Stamm oder im Blattstiel vorhanden sind; dazu kommen aussen öfters eine oder mehrere Hilfslagen stark verdickter Zellen, die dem allgemeinen Gewebe des Stammes, des Blattstiels oder der Rinde der Wurzel deutlichst angehören und der Schutzscheide zur Steifung und Verstärkung dienen, wie ich sie bei Cyperus Papyrus (l. c. 447) beschrieb und wie sie stets vorhanden sind, wo ich die Schutzscheide, die genau genommen immer nur eine Zelllage dick ist, als aus mehreren bestehend darstellte. Hat aber in den angegebenen Fällen jedes einzelne Leitbündel seine Schutzscheide und sogar im Blattstiel, so

muss wohl jeder Gedanke daran aufhören, dass sie eine Schicht sei, die der Anlage des Stammes als „Verdickungsring“ (Sanio) diente, zumal wenn sie, wie meist in diesen Fällen, dem Stamme als solchem als eine das ganze System der Leitbündel umgebende Schicht fehlt. Da ich das Rhizom von Cyperus alternifolius, dies ist oben gemeint, nur im erwachsenen Zustande untersuchte (März 1857), wo die stark verdickte Schutzscheide die Wellung und die dunklen Flecke nicht mehr zeigt, will ich als Beispiel dafür, dass die oben beschriebene Form der Schutzscheide mit ihrer gewellten Seitenwand, die einzelnen in die Blätter abtretenden Leitbündel, sowohl im Stamm als im Blatt (Scheide) umgiebt, Menyanthes trifoliata anführen. Ein gutes Beispiel bietet auch Adoxa moschatellina, in deren unterirdischem Rhizom die Schutzscheide das centrale System der Leitbündel, in deren Blattstiel sie jedoch jedes einzelne Leitbündel umgiebt. Einer meiner Zuhörer, Herr stud. ph. Pfitzer, legte mir Präparate von Equisetum limosum vor, in dessen Stamm die Schutzscheide das System der Leitbündel in seiner Gesammtheit umgiebt, während sie den einzelnen fehlt, und von Equisetum palustre, wo sie die einzelnen umgiebt, dagegen als allgemeine Hülle des ganzen Systems der Leitbündel fehlt. Der Hauptstamm, nicht die Ausläufer, von Brasenia peltata, von mir aus Nordamerika in den botanischen Garten zu Königsberg eingeführt, bietet auch ein schönes Beispiel dafür, dass die Schutzscheide in der Form einer dünnwandigen, geschlossenen Zellschicht mit gewellter seitlicher, oberer und unterer Wand, jedes einzelne Leitbündel umgiebt. In diesen Fällen ist die Schutzscheide nicht ein Grenzgebilde der Rinde, sondern des allgemeinen Parenchyms des Organs, dem sie angehört.

Es fehlt mir zur Zeit die Musse, um umfassendere Untersuchungen über diesen Gegenstand und noch andere bisher von mir gar nicht erwähnte, von der Entstehung des Stammes und der Wurzel hergenommene Beweise, dass die Schutzscheide weder ein verholzter Verdickungs- noch Cambiumring sei, druckfertig zu machen. Die gegenwärtigen kurzen Bemerkungen veröffentliche ich nur, um nicht durch Schweigen den Schein der Zustimmung auf mich zu laden.

Indem Sanio die oben angegebene, wahre Analogie der Stammbildung zwischen den einfachsten Fruchtpflanzen mit axilem Leitbündel (Aldrovandia, Hydrilla, Elodea) und den übrigen mit mehreren oder vielen Leitbündeln nicht erkannte, sucht er sie (Bot. Zeitg. 1863, 469) darin, „dass bei den angeführten Pflanzen (d. h. Aldrovandia, Hydrilla, Elodea) der Stamm nicht weiter als bis zur Bildung des

dem Verdickungsringe analogen Gewebes gelangt, dass dagegen die Bildung der Cambiumbündel ganz ausbleibt.“ Allerdings wird jedoch ein „Cambiumbündel“ gebildet, aber ein axiles. Was ist aber das „analoge Gewebe“? Es ist für Sanio's Standpunkt gar nicht vorhanden. Denn welcher Gewebstheil könnte einem Verdickungsringe analog sein, wenn eine ringförmige cambiale Schicht fehlt? Diese von Sanio aufgestellte Analogie zerrinnt daher in nichts.

Den Namen „Schutzscheide“ verwirft Sanio (l. c. 385), „weil er nicht auf Berberis passt, wo der betreffende Ring gar bald bei der Dickenzunahme des Stengels zersprengt wird“, ein Faktum, welches ich, beiläufig gesagt, von dem „betreffenden Ringe“ zuerst bei mehreren Pflanzen (Pringsh., Jahrb. I 444) nachgewiesen habe, das mir also, in grösserm Umfange und früher, als Sanio, längst bekannt war. Wäre das Prinzip des Einwandes gültig, d. h. hätte man das Recht, einen Namen, der von einer charakteristischen Eigenschaft des bezeichneten Gebildes entlehnt ist, zu verwerfen, wenn jene Eigenschaft in manchen Fällen nicht stets bleibt, so müsste eine grosse Zahl anatomischer und physiologischer Bezeichnungen verworfen werden, was doch noch Niemand in den Sinn gekommen ist, als „Oberhaut“, weil sie später oft abgeworfen wird, also dann nicht mehr die obere Haut ist, „Epiblema“, weil es später oft abgeworfen wird, „Chlorophyll“, weil es später gelb oder roth wird u. s. w. Dies Prinzip gilt also nicht und dass die Schutzscheide nach einer sehr charakteristischen Eigenschaft, abgesehen sogar von den Fällen, in welchen, wie bei Cyperus Papyrus (Wurzel, Rhizom), Charlwoodia rubra (Wurzel), sie allein als sehr dicke, stark verholzte, schliesslich äusserste Zellschicht das Leben des betreffenden Organs gegen äussere zerstörende Einflüsse vertheidigt, auch bei den Pflanzen benannt ist, wo sie nur als eine zarte, aber verholzte, ganz dichte, keine Zwischenzellräume führende und dadurch ausgezeichnete einfache Zelllage einen sehr wirksamen Abschluss für die umgebenen Theile im Innern des betreffenden Organs bildet, wie dies die Epidermis mit der Cuticula oder das Epiblema nach Aussen thun, ist nach dem Vorhergehenden für Alle einleuchtend.

Der von Berberis gegen den Namen Schutzscheide entlehnte Einwurf passt aber hier um so weniger, als er auf einem Irrthum Sanio's beruht, denn ich habe jenes Rohr bastartiger Zellen bei Berberis und anderen von mir früher angeführten Pflanzen (Pringsh., Jahrb. I 444), worunter auch eine Berberidee, durchaus nicht „Schutzscheide“ genannt, sondern ausdrücklich erklärt, dass jenes

Rohr bastartiger Zellen von der Schutzscheide zu unterscheiden sei und es als „Bastcylinder" bezeichnet, gegen welche Bezeichnung Sanio sogar auf Seite 380 (Bot. Zeitg. 1863) sich erklärt und ausführlich nachzuweisen sucht, dass mein „Bastcylinder" ein verholzter Verdickungsring sei, was er jedoch 4 Seiten danach vergessen hat.

Der Schwerpunkt des Beweises für die Stammbildung der Monokotylen durch einen „Verdickungsring" ruht bei Sanio auf Ruscus racemosus (Bot. Zeitg. 1863, 383, 385). Diese Pflanze ist jedoch ungeeignet für die Untersuchung der Stammentwicklung. Die Hauptbedingung für die Erkenntniss der Art und Weise, wie sich der Stamm bildet, dessen Zustände auf den einzelnen Punkten nur durch zarte Längs- und Querschnitte, die dann geschickt und richtig vom Beobachter zu verbinden sind, ermittelt werden können, ist die Erfüllung der Voraussetzung, dass jedes folgende Internodium gerade so gebildet wird und, wenn es fertig ist, gerade so gestaltet ist, als das vorhergehende. Denn, wenn das fertige Internodium a verschieden von dem darunter liegenden fertigen Internodium b ist, so durchlaufen beide auch eine verschiedene Entwicklungsweise und es nutzt nichts, a im jugendlichen Zustande als Querschnitt abzunehmen und dann b, weil der Zustand von b gar keinen Schluss auf die spätere Entwicklung von a, dem jüngern Internodium, erlaubt, da sie eben in beiden eine verschiedene ist. Ueberdem würde es in der Gegend der jüngsten Stammspitze äusserst schwierig sein, wirklich Schnitt für Schnitt bloss ein Internodium oder gar Theile eines nach und nach abzunehmen, da sie nur eine bis wenige Zellen hoch sind, es sei denn, dass man wirklich Schnitte von $\frac{1}{300}$ mm Dicke machen könne, dessen Sanio sich rühmt, was ich nicht vermag, wie ich offen gestehe. Es trifft sich wohl, dass ein geschickter Anatom hin und wieder, mehr durch Zufall, einen Schnitt erlangt, der annähernd $\frac{1}{300}$ mm dick ist, aber hintereinander Schnitte von $\frac{1}{300}$ mm Dicke aus freier Hand fortzuschneiden, halte ich für unmöglich. Jene Hauptbedingung des gleichen Baus und der gleichen Entwicklung der aufeinanderfolgenden Internodien hat Ruscus racemosus jedoch nicht. Ein erwachsener Stamm hat am Grunde 3—4''' duod. preuss. Durchmesser und etwa 190 Leitbündel im Querschnitt, 14—19 auf dem Durchmesser gelegen, in der Mitte $1\frac{1}{2}$''' Durchmesser und etwa 118 Leitbündel, 10—12 auf dem Durchmesser gelegen und an der Spitze kaum $\frac{1}{2}$''' Durchmesser und 23 Leitbündel, 5—6 im Durchmesser gelegen. Der Stammgrund enthält also fast doppelt soviel Leitbündel

als die Mitte und mehr als 8mal so viel als die Spitze. Bei solcher Verminderung der Stammtheile lässt sich aus dem Querschnitt durch ein höheres Internodium kein Schluss auf die Bildung des tieferen machen. Ausserdem liegen in dem bastartigen Rohr, das Sanio als das verholzte Verdickungsrohr, das die Gegend der Gefässbündel des Stammes mit diesen selbst anlegt, darstellt, die äussersten und kleinsten 3—4 Reihen von Leitbündeln und sind ganz oder die innersten fast ganz von ihm umschlossen; ihr Holz und Bast verfliesst in die bastartigen Zellen des sie umgebenden Rohrs. Da nun diese Zellen des bastartigen Rohrs kleiner als die des Marks und der Rinde sind, folglich, als sie im cambialen Zustande waren, in ihrem Gebiet mehr Zelltheilungen vorgefallen sind, als in Rinde und Mark, so liegt ein Irrthum für den Beobachter sehr nahe, dass er den in Bezug auf Zellenzahl vollendeten oder fast vollendeten cambialen Zustand des Rohrs der bastartigen Zellen mit den Einschlüssen der noch dünnerzelligen, also noch später entstandenen, auch noch im cambialen Zustande befindlichen Leitbündel, der dünnsten des Stammes, für den eines „Cambiumrohrs" ansieht, das zur Anlage und Verdickung des Stammes diene, indem es der Reihe nach von Aussen nach Innen Leitbündel und Parenchym der Markstrahlen anlege und bald nach Aussen über seine jetzige Lage fortrücken werde, um weitere Neubildungen eintreten zu lassen, obgleich dies cambiale Rohr weiter nichts als der Jugendzustand eines ganz lokalen, aus dünneren Zellen bestehenden Rohrs ist, das bloss zur Steifung und Aufrechthaltung des Stammes dient und das anderwegen in Form von Collenchym oder bastartigen Zellen, die ich dann Scheidenschicht (Pringsh., Jahrb. I 444), meist jedoch in meinen öffentlichen Vorlesungen äussere Schutzscheide nannte, im äussern Theil der Rinde auftritt. Ich bin der Ueberzeugung, dass mehrere der Stämme, die ein solches dünner-zelliges, bastartiges oder in seinen Zellen stärker verdicktes Rohr, wie Ruscus racemosus, haben, in solcher Weise zur Annahme und Bestätigung des Daseins eines „Verdickungsrohrs" Anlass gegeben haben. Die eben beschriebene Irrthumsquelle wird in Verbindung mit der starken Verdünnung des Stammes und quantitativen Abnahme seiner Bestandtheile nach oben, wie sie in der Gattung Ruscus überhaupt vorkommt, um so gefährlicher. Dass Sanio an dieser doppelten Klippe gescheitert ist, ergiebt sich daraus, dass er die quantitative Abnahme der Bestandtheile des Stammes nach oben übersehen hat, denn hätte er sie bemerkt, so würde er die Entscheidung der Frage ohne Zweifel bei Ruscus racemosus und Hypoglossum

aufgegeben haben, oder falls er die grossen daraus entstehenden Schwierigkeiten zu überwinden hoffte, jenes höchst gefährlichen Umstandes haben erwähnen und ihn in besondere Berücksichtigung haben nehmen müssen.

Schliesslich verwahre ich mich dagegen, dass Sanio (Bot. Zeitg. 1863, 118) die luftführenden, ungleichartig verdickten, gefässartigen, obgleich ganz geschlossenen Zellen des Leitbündels, die ich Leitzellen nannte und nach ihrer Verdickungsart in Ring-, Schrauben-, Netz-, Leiter-, Porenleitzellen unterschied (Monatsbericht der Berl. Akad. 1862, 454), welche bis dahin als „Gefässe" bezeichnet waren, obgleich sie keine sind, mit seinen „Tracheïden" identificirt. Die Tracheïden Sanio's umfassen 2 sehr verschiedene und daher zu trennende Bestandtheile des Leitbündels, nämlich einmal die langen, dünnen, ring-, schrauben-, leiter- oder porenartig verdickten, meist in Längsreihen liegenden und dann mit eigenthümlich gestalteten Querwänden versehenen Zellen, wie sie dem geschlossenen Leitbündel eigen sind und in offenen Leitbündeln nur in der Markscheide auftreten, dann die kürzeren, stärker verdickten, nicht mit abweichend verdickten Querwänden versehenen, den spitzen Holzzellen ähnlichen Zellen des sekundären Holzes, wie sie bei sich verdickenden Stämmen nach dem primitiven Holz gebildet werden und Uebergangsformen von den spitzen Holzzellen zu den Gefässen des sekundären Holzes darstellen. Der Begriff der Leitzellen, so weit er die Dikotylen mit sich verdickendem Stamm angeht, z. B. Drimys, Tasmannia, umfasst den primären Theil der Leitbündel, der seit fast einem Jahrhundert als Corona medullaris (Hill), oder mit passenderer Benennung als „Markscheide" bezeichnet und von dem übrigen später gebildeten Theil des Leitbündels stets unterschieden ist. Der Markscheide entspricht in dem geschlossenen Leitbündel der ganze nach Innen von den einfachen Leitzellen gelegene Theil desselben. In den sekundären, geschlossenen Leitbündeln der sich verdickenden Monokotylen (Dracaena, Cordyline u. s. w.) finden sich gefässartige Leitzellen ebenso wenig, als im sekundären Holz der Dikotylen. Die gefässartigen Leitzellen sind nur den primären Leitbündeln der sich verdickenden Monokotylen eigen (Monatsbericht d. Berl. Akad. 1862, 477 ff.). Die Arbeit Sanio's umfasst fast bloss das sekundäre Holz der Dikotylen und Gymnospermen, die meinige mit wenigen Ausnahmen das primäre, und zwar vorzugsweise der Monokotylen. Ein wichtiger Unterschied zwischen den gefässartigen Leitzellen des primären Holzes und den Tracheïden Sanio's des sekundären ist der angegebene Umstand, dass die

Leitzellen meist mit deutlich abgegrenzten und öfters von den Seitenwänden abweichend verdickten, aber nicht durchbohrten Querwänden Längsreihen bildend an einander liegen, als sollten sie längere, zusammengesetzte Röhren darstellen, wie diess die Glieder eines Gefässes thun. Ich habe dafür hinlängliche Belege beigebracht (Monatsbericht d. Berl. Akad. l. c.). Der Natur entspricht es nicht, wenn Sanio (l. c. 401) die ringförmigen, abrollbar oder nicht abrollbar schraubenförmig verdickten Zellen der Markscheide der Coniferen (Pinus sylvestris, Picea vulgar., Taxodium distichum) und von Drimys, ebenso wie die bekannten langen, beiderseits spitz endigenden, bloss seitlich mit ein- oder mehrreihigen gehöften Poren versehenen sekundären Holzzellen unterscheidslos mit einem Namen als Tracheïden bezeichnet. Dass die ring- und schraubenförmig verdickten Leitzellen der Markscheide und die Holzspitzzellen [1]) Mittelformen zwischen sich haben, ist eben so wenig ein Einwurf gegen die Unterscheidung dieser Zellformen durch besondere Namen, als das Vorkommen von Mittelformen zwischen irgend 2 andern charakteristisch verschiedenen Gewebstheilen ein Einwand gegen ihre anatomische Unterscheidung und gesonderte Bezeichnung sein kann. Wo finden sich zwischen 2 benachbarten Gewebstheilen keine Mittelformen? Die Zelle ist für den Anatomen das, was für den Taxologen die Art ist. Der Anatom darf durch Mittelformen ebenso wenig abgehalten werden: constant und charakteristisch verschiedene Zellformen besonders zu benennen, als der Taxologe Spielarten einer Pflanzenart aufzustellen. Die Unterscheidungen, welche Sanio sonst zwischen andern Bestandtheilen des Holzes eintreten lässt, zwischen: „Holzparenchym", „Ersatzfasern", „Libriform", „gefächerten Libriformfasern" sind fast minutiös, obgleich sie gerechtfertigt erscheinen mögen; um so auffallender ist es, dass er die Uebergangsformen zwischen Gefässen und Holzspitzzellen im sekundären Holz und die Leitzellen des primären Holzes nicht trennt. Ich will nur noch 2 der Zellbildungen einander gegenüber stellen, die nach Sanio als Tracheïden zusammengefasst werden müssten, von denen er offenbar die eine gar nicht gekannt hat; es sind dies die äusserst starren, rela-

1) Ich bezeichne seit Jahren in meinen Vorlesungen das „Holzparenchym" als „Holzstumpfzellen", indem ich mich ausser Stande sehe, Bastardworte, die bloss Zeugen schlechter Grammatik sind, zu gebrauchen und die spitzendigenden Holzzellen als „Holzspitzzellen". Parenchym ist deutsch „Stumpfzellen", Prosenchym „Spitzzellen".

tiv kurzen, nur 0,0156—0,0214^{mm} dicken und 0,68—0,867^{mm} langen[1]), nach beiden Enden ohne ausgezeichnete Querwand allmälig zugespitzten, seitlich kaum gehöft spaltenporigen, sekundären Holzzellen, welche den Hauptbestandtheil eines unserer härtesten Hölzer, dessen der Rothbuche, bilden und die primären, bis dahin als „Spiralgefässe" bezeichneten, höchst dünnwandigen, vor Zartheit gar nicht zu isolirenden, abrollbar, schrauben- oder leiterförmig verdickten, riesigen, über 5 Zoll langen und $\frac{1}{4}$ Linie duodec. preuss. im Durchmesser haltenden Leitzellen von Nelumbium speciosum, deren lange Querwand aufs Schönste netzförmig verdickt ist und rhombische Maschen hat (vergl. Monatsbericht d. Berl. Akad. l. c. 452, 466). Nichts ist unnatürlicher, als so verschiedene Gebilde unter einem Namen vereinigen zu wollen.

Königsberg, den 21. April 1864.

Nachtrag.

Nach Schluss dieser Zeilen empfing ich von Herrn Dr. Hegelmeier seine sorgfältige und interessante Monographie der Gattung Callitriche (Stuttgart 1864, 4°), in welcher er (S. 25 ff.) die Zellen der Schutzscheide des Stammes und der Wurzel von Callitriche ganz in Uebereinstimmung mit meinen Beobachtungen an andern Pflanzen als ausgezeichnet gewellt auf ihrer obern, untern und seitlichen Wand darstellt. Die Wellung ist hier so stark, dass das Material für die Erkenntniss des Baues der Schutzscheide besonders geeignet erscheint. Die Zellen der Schutzscheide enthalten bei Callitriche während der Lebenszeit der Pflanze mehr Stärke, als die übrige Rinde und sind bisweilen damit noch ganz dicht erfüllt, wenn das Parenchym der Rinde schon fast keine Stärke mehr enthält. Ich beobachtete die Widerstandsfähigkeit gegen concentrirte Schwefelsäure und die starke Wellung der Wände der Schutzscheide zuerst vor einigen Jahren an den zarten Wurzeln der 4 bei uns einheimischen Arten von Lemna.

2. Mai 1864.

---

1) Ich untersuchte die ältesten Jahresringe von einem dicken Rothbuchenstamm von Barmen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. VIII und IX.

Ficaria ranunculoides Roth. Knollenwurzel.

Fig. 1. Schutzscheidezellen in Wasser gesehen auf tangentialem Schnitt.

Fig. 2. Schutzscheidezelle in Wasser gesehen auf radialem Schnitt.

Fig. 3. Zellen der Schutzscheide in concentrirter Schwefelsäure gesehen, auf tangentialem Schnitt. Die Seitenwände der Zelle A ohne Wellung.

Fig. 4. Querschnitt eines Stücks des Systems der Gefässbündel unter Kalilauge betrachtet. S Schutzscheide. G, G Gefässgruppen. M Mark. r Rindenzellen. L Bündel der einfachen Leitzellen.

Fig. 5. Theil eines Querschnitts durch die Knollenwurzel. Bezeichnungen wie bei Fig. 4.

Fig. 6. Schutzscheidezelle, ausnahmsweise mit schwachen, undeutlichen Poren versehen. Radialer Schnitt.

Fig. 7. Schutzscheidezellen auf etwas schiefem Querschnitt, die dunklen Streifen zeigend.

Elodea canadensis Mich.

Fig. 8. Schutzscheidezellen des Stammes unter concentrirter Schwefelsäure auf tangentialem Schnitt.

Brasenia peltata Pursh.

Fig. 9. Eine Schutzscheidezelle aus dem Hauptstamm, mit oblongen dunklen Stellen.

Charlwoodia rubra Planch. Wurzel.

Fig. 10. Schutzscheidezellen des etwas schiefen Querschnitts einer Stelle mittleren Alters. Die Wand noch gleichmässig dick. a Aussen-, b Innenseite.

Fig. 11. s — s stark und ungleich verdickte Schutzscheidezellen derselben Wurzel aus dem ältesten obersten Theil der Wurzel, dessen Rinde bis auf die Reste bei a ausser dem Epiblema verwest war. h — h Holzzellen des Gefässkörpers. W, W primäre Wand.

Fig. 12. Schutzscheidezellen derselben Wurzel, von der die Figur 10 entnommen ist, sehr jung, 4''' über der Spitze der Wurzel.

Fig. 13. s — s Schutzscheidezelle, ohne Poren, im radialen Schnitt, von derselben Stelle wie Fig. 11. c, d stark verdickte obere und untere Wand der Mutterzelle. e dünne Wand der Tochterzelle. Bei b die Holzzellen des Gefässkörpers. a und b in Fig. 11 — 13 wie in 10.

Fig. 14. Schematische Darstellung der oblongen dunklen Flecke.

Fig. 15. Desgleichen der linealen dunklen Flecke.

Fig. 16. c — d schematische Darstellung der linealen dunklern Streifen, entsprechend den Seiten der Wellen ab, für den radialen Schnitt.

Inhalt.

Untersuchungen über die Zahlen- und Grössenverhältnisse der Spaltöffnungen.

Von

Prof. **Dr. Adolf Weiss** in Lemberg.

Bei meinen anatomischen Arbeiten habe ich sehr häufig Zählungen und Messungen von Spaltöffnungen vorgenommen, und die gesammelten Daten haben sich seit 1855 so vervollständigt, dass sie allgemeine Betrachtungen zulassen. Ich veröffentliche dieselben, weil die Zahlen an und für sich mit grosser Sorgfalt bestimmt wurden und weil die mitgetheilten Folgerungen und Schlüsse, als auf numerischen Werthen beruhend, von Nutzen sein dürften.

Die Methode, wie die unten folgenden Zahlen gefunden wurden, war selbstverständlich die möglichst einfache.

Um zunächst die Anzahl der Spaltöffnungen auf dem Raume der Quadrateinheit zu erhalten, wurde die Zahl derselben auf 1 Gesichtsfelde des Mikroskopes gezählt und dies mindestens bei 15—20 Gesichtsfeldbreiten wiederholt; aus allen diesen Zahlen aber das Mittel genommen und auf diese Weise die Durchschnittsanzahl der Spaltöffnungen auf dem Raume eines Gesichtsfeldes erhalten. Da nun die Grösse der Fläche dieses Gesichtsfeldes aus dessen Durchmesser ($= 2\ r$), welcher genau bestimmt wurde, sich nach der Formel: Fläche $= r^2 \pi$ berechnen lässt, so konnte daraus die Anzahl der Spaltöffnungen auf dem Raume 1 □ Linie oder 1 □ Millimeters ohne Mühe gefunden werden [1]).

Um für verschiedene Pflanzen die Zahlen gut vergleichbar zu machen, wurden stets nur völlig ausgewachsene Blätter benutzt und

---

1) Tabelle I.

die Oberhaut auf den beiden Blattflächen so viel wie möglich von correspondirenden Stellen genommen; aus naheliegenden Gründen wurde die mittlere Partie des Blattes gewählt. Die Blattrippen wurden, da eine Berechnung des Raumes, den sie einnehmen, nicht angestellt wurde, natürlich bei den Zählungen möglichst vermieden, um die Werthe, welche sich demnach nur auf die wirklich von Spaltöffnungen bedeckten Stellen beziehen, nicht illusorisch zu machen. Es gewinnen dadurch allein die Zahlen die nöthige Vergleichbarkeit und Sicherheit, da die Berechnung der Fläche der Blattrippen sehr nach der individuellen Auffassung variirt, während die, mit Ausschluss der Blattrippen von vorne herein, gemachte Zählung ganz objektiver Natur ist.

Länge und Breite der Spaltöffnung wurden mit Hilfe eines vorzüglichen Oberhäuser- und Hartnack'schen Okularmikrometers bestimmt und es wurden wieder mindestens 10 auf jeder Blattfläche gemessen; wo grosse Differenzen sich zeigten, noch mehr. (Tabelle II.)

Gestalt der Spaltöffnungen suchte ich durch ihr Axenverhältniss als Ellipsen auszudrücken, weil ich glaube, dass dadurch, selbst auf den ersten Blick, eine grosse Anschaulichkeit gewährt wird. Als Axen wurden natürlich Länge und Breite genommen; ihr Quotient ist eben das Axenverhältniss. (Tabelle II.)

Wenn bei Länge, Breite und Gestalt die Werthe der einzelnen Abmessungen nicht sehr differirten, wurde nur der Mittelwerth, sonst aber die Grenzen angegeben. Die Längenangaben sind wohl auf 0.002^{mm} sicher; bei der Breite giebt der Umstand oft sehr divergente Abmessungen, dass je nach der Turgescenz der Schliesszellen die Spalte bald mehr bald weniger geöffnet erscheint und so die ganze Breitendimension oft ungemein variabel wird. Wo es nur immer anging, wurden lediglich normale Turgescenzzustände gemessen und es ist daher auch für Breite höchstens 0.002^{mm} der grösstmögliche Fehler.

Als Grösse der Spaltöffnung wurde die Area derselben als Ellipse gerechnet, nach der Formel: Fläche $= lb\frac{\pi}{4}$, wo l und b die beobachteten Längen und Breiten darstellen [1]) und endlich durch Multiplication dieser Fläche mit der Zahl der Spaltöffnungen, der gesammte auf der Quadrateinheit von Spaltöffnungen bedeckte Raum, d. i. die Area aller auf 1 □^{mm} stehenden Spaltöffnungen gefunden [2]). Da man übrigens wohl mit Grund die Functionen dieser Gebilde,

---

1) Tabelle III. 2) Tabelle IV.

wenn sie auf beiden Blattflächen vorkommen, auf beiden auch gleich annehmen darf, wurden die betreffenden Werthe der oberen und unteren Blattfläche addirt und ebenfalls in eine Tabelle gebracht[1]). Die absoluten Werthe der eigentlichen Spalte (wenn dieselbe im Maximum geöffnet ist), glaubte ich, obgleich ich eine Reihe hierher gehöriger Zahlenwerthe besitze, in dieser Arbeit nicht mittheilen zu sollen, wo es sich lediglich um die positiven Daten der Grösse und Vertheilung dieser Gebilde am pflanzlichen Körper handelte.

Was die Anordnung betrifft, so habe ich als natürlichste die gewählt, dass in jeder Tabelle (mit Ausnahme der zweiten) die successive Abnahme der Zahlenwerthe als Eintheilungsprinzip galt, da eine Anordnung nach natürlichen Familien oder wie immer, bei dem Mangel irgend welcher gemeinsamen Punkte nicht am Platze gewesen wäre, wie dies aus der Schlussbetrachtung hervorgehen wird.

Begreiflicherweise sind übrigens bei Gebilden, die oft in so ungeheuerer Anzahl auftreten wie die Spaltöffnungen, die Angaben der Mittelwerthe, wenigstens bei der Zahl derselben auf der Quadrateinheit, nicht genügend, um sich ein treues Bild dieser Werthe zu machen. Da aber die Mittheilung jeder einzelnen Zählung schon wegen des Umfanges derselben nicht angeht, habe ich wenigstens die Grenzwerthe angegeben[2]), welche bei jeder Pflanze vorkommen. Sie variiren natürlich oft enorm von den Mittelwerthen, selbst dann, wenn diese Mittelwerthe so ziemlich als absolute gelten können, da sich bei Abzählung von etwa 20 Gesichtsfeldern gar häufig 15—17 finden, die nahezu übereinstimmen, während oft nur ein einziges beträchtlich abweicht. Man würde also irren, wenn man aus den Grenzwerthen auf die totale Unsicherheit der Mittelwerthe schlösse. So kennt man ja z. B. erwachsene Menschen von 7 Fuss Höhe und mehr, während andere wenig über 3 Fuss, also noch nicht die Hälfte der ersteren, erreichen, und doch ist der Mittelwerth menschlicher Grösse ein ziemlich verlässlicher und allgemeiner. Immerhin glaubte ich aber durch Mittheilung dieser Grenzen nicht zu fehlen, sie wird so manche bisher festgehaltene Ansicht widerlegen.

Die Zahl der Spaltöffnungen habe ich auch auf 1 □ Linie reducirt, da indess das metrische Maass denn doch das einzig rationelle ist, nur oberflächlich; ich habe die Angaben in □ Linien nur deshalb mit hinzugefügt, weil man bisher sie immer in diesem Duodezimalmaasse aufführte; für die weiteren Tabellen wurde stets nur das Dezimalmaass gebraucht.

1) Tabelle V.

2) Tabelle VI.

Bei der letzten Tabelle (VI.), welche die beobachteten Maximal- und Minimalwerthe sowohl der Anzahl, als der Längen- und Breitenabmessungen der Spaltöffnungen gibt, habe ich die Pflanzen nach den natürlichen Familien auf einander folgen lassen, um eben die Unabhängigkeit der Zahlen vom Systeme recht anschaulich zu machen, auch glaubte ich anstatt der bereits berechneten Werthe für die Anzahl dieser Gebilde auf 1 □mm, lieber die absoluten Beobachtungsdaten für diese Tabelle wählen zu sollen; es bedeuten daher die dort stehenden Zahlen die beobachtete Anzahl der Spaltöffnungen auf dem Raume Eines Gesichtsfeldes meines Mikroskopes und die Multiplication derselben mit 6.7 gibt dann ihre Zahl auf 1 □mm. Wo die Beobachtungen ungenau oder weniger zahlreich waren, habe ich die betreffenden Rubriken ganz unausgefüllt gelassen.

Neue Hypothesen über die Functionen der Spaltöffnungen u. s. w. wird man in diesen Zeilen keine finden, obgleich es mir nicht schwer gefallen wäre eine ziemliche Menge von Versuchsreihen über Ausdünstung u. s. w. schon jetzt zu theoretischen Folgerungen zu benutzen; ich habe es vorgezogen aus einer beträchtlichen Anzahl von nach gleicher Methode gewonnenen, möglichst vergleichbaren numerischen Werthen lediglich jene Schlüsse zu ziehen, die eben nur eine Uebersetzung der Zahlenwerthe selber sind.

I. Tabelle.

Anzahl der Spaltöffnungen auf 1 □mm und 1 □Linie.

No.	Name der Pflanze.	1 □mm		1 □Linie	
		Oberseite	Unterseite	Oberseite	Unterseite
1	Olea europaea L.	o	625	o	3000
	——— (jung)	o	1072	o	5145
2	Celtis occidentalis L.	o	616	o	2970
3	Fraxinus tamariscifolia Vahl.	o	600	o	2893
4	Acer platanoides L.	o	550	o	2653
5	Morus alba L.	o	480	o	2313
6	Vinca minor L.	o	477	o	2300
7	Juglans nigra L.	o	461	o	2219
8	Ficus venosa Willd.	o	447	o	2155
9	Styphnolobium japonicum Schott.	o	438	o	2111
10	Quercus pedunculata Ehrh.	o	438	o	2111

No.	Name der Pflanze.	1 □ mm		1 □ Linie	
		Oberseite	Unterseite	Oberseite	Unterseite
11	Quercus cerris L.	0	428	0	2064
12	Vinca minor L. var. variegata	0	405	0	1950
13	Acer pseudoplatanus L.	0	400	0	1927
14	Ficus benjamina L.	0	387	0	1867
15	Ailantus glandulosa Desf.	0	386	0	1859
16	Pittosporum tobira Ait.	0	382	0	1838
	———— (jung)	0	496	0	2380
17	Tilia glabra Vent.	0	357	0	1719
18	Hydrangea quercifolia Bertr.	0	330	0	1584
19	Syringa vulgaris L.	0	330	0	1584
20	Helianthus annuus L.	175	325	843	1569
21	Fraxinus ornus L.	0	317	0	1527
22	Althaea mexicana Kze.	268	317	1290	1527
23	Rhamnus Pallasii F. et Mey.	51	315	246	1516
24	Mimosa pudica L.	138	302	670	1456
	———— (sehr jung)	—	617	—	2974
	———— (Keimblatt)	284	200	1360	956
25	Brassica oleracea L.	219	301	1055	1452
26	———— palustris Piron.	309	300	1488	1444
27	Juglans regia L.	0	299	0	1438
28	Geranium Robertianum L.	—	297	—	1428
29	Solanum argenteum Dun.	—	279	—	1344
30	Platanus occidentalis L.	0	278	0	1340
31	Ilex aquifolium L.	0	276	0	1325
32	Hydrangea hortensis Sm.	0	273	0	1316
33	Populus dilatata Ait.	55	270	264	1300
34	Ficus adhatodaefolia Schott.	0	264	0	1274
35	Solanum dulcamara L.	60	263	292	1267
36	Euphorbia cyparissias L.	0	259	0	1251
37	Asphodelus luteus L.	284	257	1371	1241
38	Campanula persicifolia L.	0	256	0	1234
39	Maclura aurantiaca Nutt.	0	251	0	1211
40	Myoporum viscosum hort. Leopol.	0	251	0	1211
41	Plantago media L.	—	243	—	1169
42	Brassica lyrata Desf.	158	243	763	1166
43	Betula alba L.	0	237	0	1142
44	Rhododendron hirsutum L.	0	237	0	1141

No.	Name der Pflanze.	1 □ mm		1 □ Linie	
		Ober-seite	Unter-seite	Ober-seite	Unter-seite
45	Pentstemon barbatus Lindl.	185	233	893	1121
46	Isatis tinctoria L.	214	231	1030	1111
47	Ilex aquifolium L. γ) variegatum	ø	230	ø	1104
48	Notobasis syriaca Cass.	145	229	701	1104
49	Berberis vulgaris L.	ø	229	ø	1104
50	Theophrasta Jussieui Lindl.	ø	228	ø	1100
51	Pinus balsamea L.	ø	228	ø	1100
52	Atropa belladonna L.	56	227	273	1096
53	Amarantus caudatus L. β) pallidiflorus	149	225	721	1085
54	Ilex alcycorne hort. Hooib.	ø	224	ø	1075
55	Panicum palmatifolium Poir.	ø	223	ø	1071
56	Triaenodendron caspicum Endl.	ø	218	ø	1047
57	Pisum sativum L.	101	216	487	1039
58	Aralia integrifolia hort. Leopol.	ø	217	ø	1043
59	Ruellia picta Lodd.	ø	212	ø	1024
60	Ilex cassine hort. Leopol.	ø	212	ø	1024
	- - - (jung)	ø	403	ø	1934
61	Buxus sempervirens L.	ø	208	ø	1004
62	Astragalus maximus Willd.	52	207	250	1000
63	Goldfussia glomerata Nees.	—	205	—	990
64	Prunus mahaleb L.	ø	204	ø	984
65	Scabiosa graminifolia L.	141	203	682	974
66	Gastonia palmata Roxb.	ø	193	ø	929
67	Amarantus caudatus L.	171	193	825	929
68	Asclepias incarnata L.	67	191	325	919
69	Aconitum napellus L.	—	189	—	909
70	Datura stramonium L.	114	189	552	909
71	Brexia madagascariensis Aub. Th.	ø	178	ø	860
72	Genista germanica L.	ø	176	ø	855
73	Polygonatum vulgare Red.	—	175	—	844
74	Amarantus hybridus L.	110	168	530	812
75	Opopanax chironium Koch.	—	166	—	800
76	Silene inflata L.	71	166	344	800
77	Taxus baccata L.	ø	166	ø	800
78	Zea mais L.	94	158	455	757
79	Atraphaxis spinosa L.	112	157	538	753
80	Chenopodium ambrosioides L.	184	156	887	747

No.	Name der Pflanze.	1 □ mm		1 □ Linie	
		Ober-seite	Unter-seite	Ober-seite	Unter-seite
81	Ilex Cunninghami Hort.	ø	152	ø	729
82	Orobus vernus L.	—	148	—	715
83	Amarantus speciosus Sims.	84	148	406	714
84	Amygdalus communis L. var. variegata	ø	147	ø	708
85	Ilex Thunbergii hort. Leopol.	ø	146	ø	704
	- - - (jung)	ø	174	ø	840
86	Gleditschia triacanthos L. var. purpurea	ø	146	ø	704
87	Ficus elastica L.	ø	145	ø	702
	- - - (jünger)	ø	260	ø	1255
88	Ribes aureum L.	ø	145	ø	702
89	Clematis viticella L.	ø	142	ø	699
90	Hieracium foliosum W. et K.	21	135	125	654
91	Populus monilifera Ait.	89	131	430	630
92	Ilex Brunoni hort. Leopol.	ø	130	ø	625
	- - - (jung)	ø	270	ø	1300
93	Aralia quinquessia hort. Leopol.	ø	129	ø	619
94	Gentiana cruciata L.	ø	127	ø	611
95	Saururus speciosus hort. Vindob.	ø	124	ø	598
96	Piper magnoliaefolium Jacq.	ø	123	ø	591
97	Salisburia adiantifolia Sm.	ø	120	ø	578
98	Canna gigantea Red.	42	120	195	575
99	Hieracium aurantiacum L. β) majus	20	114	95	547
100	Ficus cordata Thunb.	ø	108	ø	522
101	Eryngium maritimum L.	118	108	570	522
102	Statice latifolia Sm.	98	106	475	513
103	Plumbago Larpentae Lindl.	41	101	195	487
104	Gypsophila perfoliata L. B) scorzonearaefolia	103	98	497	475
105	Acacia decipiens R. Br.	103	96	497	466
	- - - (jung)	—	153	—	735
106	Valeriana phu L.	69	95	334	458
107	Anemopsis californica Hook.	98	94	471	455
108	Cerastium glutinosum Fr.	69	88	331	422
109	Rubia tinctorum L.	ø	88	ø	422
110	Aster pyrenaeus L.	35	88	172	422
111	Anemone japonica S. et Zucc.	ø	88	ø	422
112	Helleborus niger L.	ø	86	ø	416

No.	Name der Pflanze.	1 □ mm		1 □ Linie	
		Oberseite	Unterseite	Oberseite	Unterseite
113	Carex arenarius L.	ø	85	ø	412
114	Hakea pendula hort. Leopol.	78	83	374	398
115	Sequoia gigantea (junge Pflanze)	ø	82	ø	394
116	Pinus nigra Ait.	31	82	149	394
117	Piper inaequalifolium Vahl.	ø	82	ø	394
118	Pinus abies L.[1])	88	81	422	386
119	Ficaria ranunculoides Mch.	—	78	—	374
120	Datura stramonium L. (Blumenblatt)	—	76	—	364
121	Viscum album L.	71	75	344	360
122	Canna variegata Bouché.	9	74	45	357
123	Pinus nigricans Host.	81	72	386	344
124	—— silvestris L.	50	71	253	340
125	—— laricio Poir.	51	71	257	340
126	Anemone nemorosa L.	ø	67	ø	325
127	Sedum latifolium Bertol.	50	67	253	325
128	Orchis latifolia L.	20	67	97	325
129	Pinus uncinata Ram.	69	66	331	322
130	—— australis hort. Leopol.	79	62	378	302
131	Gireoudia manicata Klotzsch.	ø	62	ø	302
132	Lilium bulbiferum L.	ø	62	ø	302
133	—————— (Perigon)	—	16	—	80
134	Statice incana L.	75	60	360	291
135	Iris germanica L.	65	58	318	279
136	Begonia hydrocotylefolia Lk.	ø	56	ø	270
137	Araucaria Biddwilli Hort.	ø	56	ø	270
138	Galanthus nivalis L.	30	55	146	266
139	Pritzelia zebrina Klotzsch.	ø	51	ø	245
140	Colchicum autumnale L.	41	47	190	228
141	Arenaria grandiflora L.	94	46	454	224
142	Araucaria imbricata Pav.	46	45	224	220
143	Piper amplexifolium Lk.	ø	44	ø	214
144	Caltha palustris L.	—	43	—	205
	—————— (Blumenblatt)	—	44	—	214
145	Piper blandum Jacq.	ø	41	ø	200
146	—— pulchellum Ait.	ø	41	ø	200

1) Nach Kieser auf der Oberseite keine Spaltöffnungen.

No.	Name der Pflanze.	1 □ mm		1 □ Linie.	
		Oberseite	Unterseite	Oberseite	Unterseite
147	Veratrum album L.	ø	40	ø	195
148	Talinum calycinum Engelm.	34	34	162	162
149	Begonia quinquefolia hort. Vindob.	ø	32	ø	156
150	Pinus cedrus L.	62	32	296	156
	——— (jung)	—	96	—	466
151	Rhodea japonica Bl.	ø	29	ø	142
152	Orchis militaris L.	ø	29	ø	142
153	Tradescantia subaspera Gawl.	7	28	32	136
154	Gagea lutea Schult.	27	27	130	130
155	Avena sativa L.	48	27	231	130
156	Secale cereale L.	—	25	—	120
157	Amaryllis odoratissima Parm.	32	25	156	120
158	Asarum europaeum L.	50	18	241	89
	——— (jung)	—	104	—	500
159	Amaryllis formosissima L.	17	15	83	75
160	Rhipsalis crispata Pfeiff.	10	12	49	58
161	Stellaria media Sm.	128	—	617	—
162	Primula auricula L.	101	—	487	—
163	Broussonetia papyrifera Vent. var. cucullata.	34	—	160	—
164	Elymus sabulosus M.Bieb.	27	—	130	—
165	Pinus strobus L. Oberseite 1.	142		686	
	——— ——— 2.	126	ø	607	ø
166	Nymphaea alba L.	460	ø	2209	ø
167	——— thermalis DC.	625	ø	3000	ø

II. Tabelle *).

Länge (L) und Breite (B) Einer Spaltöffnung in Theilen eines Millimeters; sowie das Verhältniss der Länge zur Breite = Axenverhältniss (A).

No	Name der Pflanze.	L.	B.	A.
1	Olea europaea L.	1.026	0.020	1.30
	———— (jung)	0.023	0.019	1.21
2	Celtis occidentalis L.	0.024	0.013	1.54
3	Fraxinus tamariscifolia Vahl.	0.028	0.021	1.30
4	Acer platanoides L.	0.023	0.015	1.49
5	Morus alba L.	0.018—0.029	0.008—0.021	1.37—2.33
6	Vinca minor L.	0.029	0.018	1.59
7	Juglans nigra L.	0.024	0.018	1.36
8	Ficus venosa Willd.	0.021	0.018	1.14
9	Styphnolobium japonicum Schott.	0.024	0.017	1.42
10	Quercus pedunculata Ehrh.	0.030	0.016	1.91
11	———— cerris L.	0.030	0.021	1.41
12	Vinca minor L. var. variegata	0.024	0.016	1.53
13	Acer pseudoplatanus L.	0.024	0.017	1.42
14	Ficus benjamina L.	0.018	0.018	1.00
15	Ailantus glandulosa Desf.	0.033	0.020	1.64
16	Pittosporum tobira Ait.	0.031	0.027	1.14
	———— (jung)	0.027	0.026	1.04
17	Tilia glabra Vent.	0.029	0.017	1.70
18	Hydrangea quercifolia Bertr.	0.020	0.019	1.08
19	Syringa vulgaris L.	0.028	0.016	1.75
20	Helianthus annûus L.	0.034	0.023	1.48
21	Fraxinus ornus L.	0.018—0 029	0.013—0.026	1.10—1.14
22	Althaea mexicana Kze.	0.029 O.	0.026 O.	1.11
		0.028 U.	0.026 U.	1.09
23	Rhamnus Pallasii F. et Mey.	0.030 O.	0.024 O.	1.28
		0.022-0.034 U	0.017-0 021 U	1.30—1.63
24	Mimosa pudica L.	0.017 O.	0.009 O.	1.88
		0.026 U.	0.015 U.	1.73

*) Ein bei den Zahlen stehendes O oder U bedeutet: Oberseite oder Unterseite des Blattes. Die Nummern correspondiren mit Tabelle I.

No.	Name der Pflanze.	L.	B.	A.
	Mimosa pudica L. (jung)	0.015-0.023 U.	0.008—0.012	1.88—1.91
	——— (Keimblatt)	0.026 O.	0.018 O.	1.44
		0.028 U.	0.017 U.	1.65
26	Brassica palustris Piron.	0.026 O.	0.018	1.40
		0.026 U.	0.019	1.39
27	Juglans regia L.	0.035	0.020	1.73
28	Geranium Robertianum L.	0.045	0.032	1.42
29	Solanum argenteum Dun.	0.021	0.016	1.33
30	Platanus occidentalis L.	0.036	0.026	1.37
31	Ilex aquifolium L.	0.028	0.024	1.16
33	Populus dilatata Ait.	0.035 O.	0.024	1.50
		0.033 U.	0.021	1.56
34	Ficus adhatodaefolia Schott.	0.026	0.018	1.43
35	Solanum dulcamara L.	0.021	0.014	1.58
36	Euphorbia cyparissias L.	0.027	0.018	1.50
37	Asphodelus luteus L.	0.034	0.026	1.28
39	Maclura aurantiaca Nutt.	0.022	0.016	1.38
41	Plantago media L.	0.026	0.021	1.25
43	Betula alba L.	0.029	0.018	1.64
44	Rhododendron hirsutum L.	0.034	0.029	1.19
46	Isatis tinctoria L.	0.024	0.018	1.29
47	Ilex Aquifolium L. var. γ) variegatum	0.028	0.025	1.13
48	Notobasis syriaca Cass.	0.026	0.016	1.67
49	Berberis vulgaris L.	0.033	0.022	1.49
50	Theophrasta Jussieui Lindl.	0.029	0.029	1.00
51	Pinus balsamea L.	0.047	0.031	1.51
53	Amarantus caudatus L. β) pallidiflorus	0.021 O.	0.018	1.14
		0.016 U.	0.016	1.00
54	Ilex alcycorne hort. Hooib.	0.029	0.024	1.20
55	Panicum palmatifolium Poir.	0.025	0.006	3.88
56	Triaenodendron caspicum Endl.	0.034	0.019	1.80
57	Pisum sativum L.	0.024	0.017	1.38
58	Aralia integrifolia h. Leop.	0.034	0.031	1.09
59	Ruellia picta Lodd.	0.029	0.018	1.64
60	Ilex cassine h. Leop.	0.029	0.025	1.17
	——— (jung)	0.025	0.022	1.14
61	Buxus sempervirens L.	0.032	0.031	1.09

No.	Name der Pflanze.	L.	B.	A.
62	Astragalus maximus Willd.	0.032 O. 0.028 U.	0.026 0.022	1.21 1.26
64	Prunus mahaleb L.	0.021—0.029	0.016—0.024	1.22—1.50
66	Gastonia palmata Roxb.	0.024	0.018	1.29
67	Amarantus caudatus L.	0.012 O. 0.026 U.	0.012 0.017	1.00 1.56
68	Asclepias incarnata L.	0.026	0.018	1.43
70	Datura stramonium L.	0.032	0.026	1.20
71	Brexia madagascariensis Aub. Th.	0.029	0.026	1.10
72	Genista germanica L.	0.033	0.023	1.40
73	Polygonatum vulgare Red.	0.024	0.026	1.11
74	Amarantus hybridus L.	0.022	0.018	1.21
76	Silene inflata L.	0.033	0.021	1.56
77	Taxus baccata L.	0.045	0.032	1.41
78	Zea mais L.	0.037	0.029	1.27
79	Atraphaxis spinosa L.	0.037 O. 0.034 U.	0.026 0.022	1.45 1.53
81	Ilex Cunninghami Hort.	0.032	0.025	1.20
82	Orobus vernus L.	0.013—0.040	0.011—0.021	1.25—1.57
83	Amarantus speciosus Sims.	0.021	0.016	1.33
84	Amygdalus communis L. var. variegata	0.042	0.026	1.61
85	Ilex Thunbergii h. Leopol.	0.032	0.026	1.23
	——— (jung)	0.032	0.026	1.23
86	Gleditschia triacanthos L. var. purpurea	0.038	0.026	1.42
87	Ficus elastica L. (jünger)	0.028	0.019	1.47
88	Ribes aureum L.	0.036	0.025	1.48
89	Clematis viticella L.	0.040	0.026	1.53
90	Hieracium foliosum W. et K.	0.042	0.024	1.78
91	Populus monilifera Ait.	0.033 O. 0.031 U.	0.017 0.013	1.97 2.33
92	Ilex Brunoni h. Leop.	0.034	0.029	1.17
	——— (jung)	0.029	0.026	1.11
93	Aralia quinquessia h. Leop.	0.040	0.032	1.25
94	Gentiana cruciata L.	0.040	0.033	1.20
95	Saururus speciosus h. Vindob.	0.032	0.026	1.20

No.	Name der Pflanze.	L.	B.	A.
96	Piper magnoliaefolium Jacq.	0.024	0.021	1.13
97	Salisburia adiantifolia Sm.	0.059	0.042	1.40
98	Canna gigantea Red.	0.040	0.012	3.49
99	Hieracium aurantiacum L. β) majus	0.055 O.	0.032	1.75
		0.058 U.	0.029	2.00
100	Ficus cordata Thunb.	0.030	0.026	1.15
101	Eryngium maritimum L.	0.040 O.	0.027	1.42
		0.035 U.	0.026	1.35
102	Statice latifolia Sm.	0.029 O.	0.021	1.37
		0.031 U.	0.021	1.47
103	Plumbago Larpentae Lindl.	0.027	0.009	3.00
104	Gypsophila perfoliata L. B) scorzoneraefolia	0.048 O.	0.029	1.65
		0.045 U.	0.026	1.70
105	Acacia decipiens R. Br.	0.035 O.	0.024	1.46
		0.036 U.	0.024	1.50
	——— (jung)	0.029 U.	0.021	1.37
106	Valeriana phu L.	0.026—0.045	0.024—0.029	1.11—1.55
107	Anemopsis californica Hook.	0.032	0.026	1.20
108	Cerastium glutinosum Fr.	0.031	0.027	1.15
109	Rubia tinctorum L.	0.040	0.026	1.50
110	Aster pyrenaeus L.	0.040	0.029	1.36
111	Anemone japonica S. et Zucc.	0.047	0.034	1.38
112	Helleborus niger L.	0.042	0.040	1.07
113	Carex arenarius L.	0.033	0.029	1.14
114	Hakea pendula h. Leop.	0.032 O.	0.010	3.20
		0.032 U.	0.012	2.67
115	Sequoia gigantea (jung).	0.053	0.033	1.63
116	Pinus nigra Ait.	0.042	0.027	1.50
117	Piper inaequalifolium Vahl.	0.038	0.026	1.43
118	Pinus abies L.	0.050 O.	0.035	1.43
		0.052 U.	0.038	1.37
119	Ficaria ranunculoides Mch.	0.032	0.034	0.97
120	Datura stramonium L. (Blumenblatt).	0.021	0.016	1.33
121	Viscum album L.	0.055	0.063	0.88
123	Pinus nigricans Host.	0.068 O.	0.045	1.51
		0.064 U.	0.045	1.42
124	——— silvestris L.	0.034	0.023	1.46

No.	Name der Pflanze.	L.	B.	A.
125	Pinus laricio Poir.	0.034	0.023	1.46
126	Anemone nemorosa L.	0.045	0.040	1.13
127	Sedum latifolium Bertol.	0.040 O.	0.032	1.25
		0.039 U	0.033	1.09
128	Orchis latifolia L.	0.053	0.047	1.11
129	Pinus uncinata Ram.	0.041	0.022	1.82
130	—— australis h. Leop.	0.070 O.	0.043	1.63
		0.070 U	0.045	1.55
131	Gireoudia manicata Klotzsch.	0.040	0.021	1.87
132	Lilium bulbiferum L.	0.071	0.050	1.42
133	—— (Perigon)	0.080	0.050	1.60
134	Statice incana L.	0.047 O.	0.029	1.60
		0.048 U.	0.031	1.50
135	Iris germanica L.	0.045	0.037	1.21
136	Begonia hydrocotylefolia Lk.	0.037	0.018	2.00
137	Araucaria Biddwilli Hort.	0.051	0.029	1.78
138	Galanthus nivalis L.	0.034	0.022	1.53
139	Pritzelia zebrina Kl.	0.037	0.018	2.00
140	Colchicum autumnale L.	0.024	0.021	
141	Arenaria grandiflora L.	0.032	0.022	1.42
142	Araucaria imbricata Pav.	0.051 O.	0.030	1.70
		0.053 U	0.031	1.71
	—— (jünger)	0.053 (O)	0.029	1.83
143	Piper amplexifolium Lk.	0.034	0.024	1.44
144	Caltha palustris L.	0.042	0.034	1.23
	—— (Blumenblatt).	0.042	0.034	1.23
145	Piper blandum Jacq.	0.042	0.029	1.45
146	—— pulchellum Ait.	0.032	0.026	1.20
147	Veratrum album L.	0.059	0.055	1.07
148	Talinum calycinum Engelm.	0.032	0.021	1.50
149	Begonia quinquefolium h. Vindob.	0.040	0.024	1.67
150	Pinus cedrus L.	0.055	0.034	1.64
	—— (jung)	0.042	0.026	1.60
151	Rhodea japonica Bl.	0.050	0.050	1.00
152	Orchis militaris L.	0.061	0.053	1.15
153	Tradescantia subaspera Gawl.	0.066	0.037	1.79

No.	Name der Pflanze.	L.	B.	A.
154	Gagea lutea Schult.	0.071	0.045	1.59
155	Avena sativa L.	0.054 O.	0.035	1.54
		0.060 U.	0.050	1.20
156	Secale cereale L.	0.051	0.029	1.76
157	Amaryllis odoratissima Parm.	0.045	0.040	1.13
158	Asarum europaeum L. (jung)	0.032	0.032	1.00
159	Amaryllis formosissima L.	0.074	0.079	0.93
160	Rhipsalis crispata Pfeiff.	0.026	0.024	1.22
161	Stellaria media Sm.	0.029	0.026	1.10
162	Primula auricula L.	0.040	0.032	1.25
163	Broussonetia papyrifera Vent. var. cucullata	0.029	0.018	1.57
164	Elymus sabulosus M. Bieb.			
165	Pinus strobus L. Oberseite 1.	0.054	0.032	1.69
	— — 2.	0.049	0.037	1.32
166	Nymphaea alba L.	0.026	0.022	1.20
167	— thermalis DC.	0.021	0.016	1.31

III. Tabelle.

Area Einer Spaltöffnung als Ellipse gerechnet (A) in Theilen eines Millimeters.

NB. Die Columne Z enthält die Anzahl der auf 1 □ mm stehenden Spaltöffnungen der Vergleichnng wegen beigefügt.

I. Oberseite des Blattes.

Name der Pflanze.	A.	Z.
Amarantus caudatus L.	0.000114	171
Mimosa pudica L.	0.000119	138
— — (Keimblatt)	0.000367	284
Plumbago Larpentae Lindl.	0.000190	41
Solanum dulcamara L.	0.000231	60
Hakea pendula h. Leop.	0.000241	78
Nymphaea thermalis DC.	0.000264	625
Amarantus speciosus Sims.	0.000264	84
— caudatus L. β) pallidiflorus	0.000297	149
— hybridus L.	0.000312	110

Name der Pflanze.	A.	Z.
Pisum sativum L.	0.000320	101
Notobasis syriaca Cass.	0.000327	145
Isatis tinctoria L.	0.000339	214
Brassica palustris Piron.	0.000368	309
Asclepias incarnata L.	0.000368	67
Canna gigantea Red.	0.000377	42
Colchicum autumnale L.	0.000396	41
Broussonetia papyrifera Vent. var. cucullata	0.000402	34
Populus monilifera Ait.	0.000441	89
Nymphaea alba L.	0.000450	460
Statice latifolia Sm.	0.000478	98
Valeriana phu L. (kleinste Spaltöffn.)	0.000490	69
——— (grösste Spaltöffn.)	0.001025	69
Rhipsalis crispata Pfeiff.	0.000490	10
Talinum calycinum Engelm.	0.000528	34
Silene inflata L.	0.000544	71
Arenaria grandiflora L.	0.000553	94
Rhamnus Pallasii F. et Mey.	0.000566	51
Galanthus nivalis L.	0.000588	30
Stellaria media Sm.	0.000592	128
Althaea mexicana Kze.	0.000593	268
Helianthus annuus L.	0.000614	175
Pinus silvestris L.	0.000614	50
—— laricio Poir.	0.000614	51
Astragalus maximus Willd.	0.000653	52
Datura stramonium L.	0.000653	114
Anemopsis californica Hook.	0.000655	98
Cerastium glutinosum Fr.	0.000658	69
Acacia decipiens R.Br.	0.000659	103
Populus dilatata Ait.	0.000660	55
Asphodelus luteus L.	0.000694	284
Pinus uncinata Ram.	0.000708	69
Atraphaxis spinosa L.	0.000756	112
Hieracium foliosum W. et K.	0.000791	21
Zea mais L.	0.000843	94
Eryngium maritimum L.	0.000848	118
Pinus nigra Ait.	0.000890	31
Aster pyrenaeus L.	0.000911	35

Name der Pflanze.	A.	Z.
Sedum latifolium Bertol.	0.001005	50
Primula auricula L.	0.001005	101
Statice incana L.	0.001070	75
Araucaria imbricata Pav.	0.001210	46
— — — — (jung)	0.001193	46
Gypsophila perfoliata L. var. scorzoneraefolia.	0.001094	103
Pinus abies L.	0.001374	88
Hieracium aurantiacum L. β) majus	0.001304	20
Pinus strobus L. Oberseite 1.	0.001367	142
— — — Oberseite 2.	0.001496	126
Iris germanica L.	0.001409	65
Amaryllis odoratissima Parm.	0.001470	32
Avena sativa L.	0.001474	48
Pinus cedrus L.	0.001918	62
Tradescantia subaspera Gawl.	0.001958	7
Pinus australis h. Leopol.	0.002363	79
— nigricans Host.	0.002400	82
Orchis latifolia L.	0.002511	20
Gagea lutea Schult.	0.002511	27
Visum album L.	0.002722	71
Amaryllis formosissima L.	0.004589	17
II. Unterseite des Blattes.		
Orobus vernus L. kleinste Spaltöffn.	0.000113	148
— — grösste Spaltöffn.	0.000660	148
Morus alba L. kleinste Sp.	0.000114	480
— — grösste Sp.	0.000478	480
Panicum palmatifolium Poir.	0.000118	223
Fraxinus ornus L. kleinste Spaltöffn.	0.000183	317
— — grösste Spaltöffn.	0.000593	317
Plumbago Larpentae Lindl.	0.000197	101
Amarantus caudatus L. β) pallidiflorus	0.000201	225
Solanum dulcamara L.	0.000231	263
Celtis orientalis L.	0.000245	616
Ficus benjamina L.	0.000255	387
Solanum argenteum Dun.	0.000264	279
Amarantus speciosus Sims.	0.000264	148
Datura Stramonium L. Blumenblatt	0.000264	76

Name der Pflanze.	A.	Z.
Datura Stramonium L. Blatt	0.000653	180
Prunus mahaleb L. kleinste Spaltöffn.	0.000264	204
——— grösste Spaltöffn.	0.000547	204
Acer platanoides L.	0.000272	550
Maclura aurantica Nutt.	0.000277	251
Rhamnus Pallasii F. et Mey. kleinste Spaltöffn.	0.000294	315
——— grösste Spaltöffn.	0.000560	315
Ficus venosa Willd.	0.000297	447
Vinca minor L. var. variegata	0.000302	405
Hydrangea quercifolia Bertr.	0.000307	330
Mimosa pudica L. Blatt	0.000307	302
Mimosa pudica L. junges Blatt	0.000174	617
Mimosa pudica L. Keimblatt	0.000374	200
Populus monilifera Ait.	0.000317	131
Acer pseudoplatanus L.	0.000320	400
Pisum sativum L.	0.000320	216
Amarantus hybridus L.	0.000321	168
Styphnolobium japonicum Schott.	0.000322	438
Hakea pendula h. Leop.	0.000327	83
Notobasis syriaca Cass.	0.000327	229
Juglans nigra L.	0.000339	461
Isatis tinctoria L.	0.000339	231
Gastonia palmata Roxb.	0.000339	193
Amarantus caudatus L.	0.000348	193
Syringa vulgaris L.	0.000352	330
Ficus adhatodaefolia Schott.	0.000368	264
Asclepias incarnata L.	0.000368	191
Canna gigantea Red.	0.000377	120
Quercus pedunculata Ehrh.	0.000377	438
Euphorbia cyparissias L.	0.000382	259
Tilia glabra Vent.	0.000388	357
Brassica palustris Piron.	0.000388	300
Colchicum autumnale L.	0.000396	47
Olea europaea L.	0.000396	625
——— (jung)	0.000338	1072
Piper magnoliaefolium Jacq.	0.000396	123
Ruellia picta Lodd.	0.000410	212
Betula alba L.	0.000410	237

Name der Pflanze.	A.	Z.
Vinca minor L.	0.000411	477
Ficus elastica L. (jünger)	0.000418	260
Plantago media L.	0.000429	243
Begonia hydrocotylefolia Lk.	0.000446	56
Buxus sempervirens L.	0.000453	208
Fraxinus tamariscifolia Vahl.	0.000463	600
Astragalus maximus Willd.	0.000484	207
Valeriana phu L. kleinste Spaltöffn.	0.000490	95
—— ——— grösste Spaltöffn.	0.001025	95
Polygonatum vulgare Red.	0.000490	175
Rhipsalis crispata Pfeiff.	0.000490	12
Quercus cerris L.	0.000494	428
Triaenodendron caspicum Endl.	0.000508	218
Statice latifolia Sm.	0.000511	106
Ailantus glandulosa Desf.	0.000518	386
Pritzelia zebrina Klotzsch.	0.000524	51
Ilex aquifolium L.	0.000527	276
Talinum calycinum Engelm.	0.000528	34
Silene inflata L.	0.000545	166
Populus dilatata Ait.	0.000545	270
Ilex alcycorne h. Leop.	0.000546	224
Ilex aquifolium L. γ) variegatum	0.000549	230
Juglans regia L.	0.000550	299
Arenaria grandiflora L.	0.000553	46
Ilex cassine h. Leop.	0.000569	212
——— (jung).	0.000432	403
Berberis vulgaris L.	0.000570	229
Althaea mexicana Kze.	0.000572	317
Galantus nivalis L.	0.000588	55
Atraphaxis spinosa L.	0.000588	157
Brexia madagascariensis Aub. Th.	0.000593	178
Genista germanica L.	0.000597	176
Ficus cordata Thunb.	0.000613	108
Pinus silvestris L.	0.000614	71
—— laricio Poir.	0.000614	71
Helianthus annuus L.	0.000614	325
Ilex Cunninghami Hort.	0.000628	152
Piper amplexifolium Lk.	0.000633	44

Name der Pflanze.	A.	Z.
Piper pulchellum Ait.	0.000653	41
Anemopsis californica Hook.	0.000653	94
Pittosporum tobira Ait.	0.000653	382
——— (jung)	0.000545	496
Saururus speciosus h. Vindob.	0.000653	124
Ilex Thunbergii h. Leopol.	0.000655	146
Cerastium glutinosum Fr.	0.000657	88
Theophrasta Jussieui Lindl.	0.000660	228
Gireoudia manicata Klotzsch.	0.000660	62
Acacia decipiens R. Br.	0.000668	96
——— (jung)	0.000478	153
Asphodelus luteus L.	0.000694	257
Ribes aureum L.	0.000707	145
Pinus uncinata Ram.	0.000709	66
Eryngium maritimum L.	0.000714	108
Platanus occidentalis L.	0.000735	278
Carex arenarius L.	0.000751	85
Begonia quinquefolium h. Vindob.	0.000754	32
Ilex Brunoni h. Leopol.	0.000774	130
——— (jung)	0.000591	270
Rhododendron hirsutum L.	0.000775	237
Gleditschia triacanthos L. var. purpurea	0.000777	146
Piper inaequalifolium Vahl.	0.000777	82
Hieracium foliosum W. et K.	0.000791	135
Geranium Robertianum L. (Minimum)	0.000811	297
Asarum europaeum L. (jung)	0.000811	104
Clematis viticella L.	0.000817	142
Rubia tinctorum L.	0.000817	88
Aralia integrifolia h. Leop.	0.000829	213
Zea mais L.	0.000843	158
Ficaria ranunculoides Mch.	0.000855	78
Amygdalus communis L. var. variegata	0.000858	147
Pinus nigra Ait.	0.000891	82
Aster pyrenaeus L.	0.000910	88
Gypsophila perfoliata L. β) scorzoneraefolia	0.000920	98
Piper blandum Jacq.	0.000957	41
Aralia quinquessia h. Leop.	0.001005	129
Sedum latifolium Bertol.	0.001012	67

Name der Pflanze.	A.	Z.
Gentiana cruciata L.	0.00103 7	127
Caltha palustris L.	0.001122	43
——— (Blumenblatt)	0.001122	44
Geranium Robertianum L. (Maximum)	0.001130	297
Taxus baccata L.	0.001132	166
Araucaria Biddwillii Hort.	0.001161	57
Secale cereale L.	0.001169	23
Pinus balsamea L.	0.001170	228
Statice incana L.	0.001170	60
Anemone japonica S. et Zucc.	0.001256	88
Araucaria imbricata Pav.	0.001290	45
Iris germanica L.	0.001309	58
Hieracium aurantiacum L. β) majus	0.001314	114
Helleborus niger L.	0.001320	56
Anemone nemorosa L.	0.001414	67
Amaryllis odoratissima Parm.	0.001414	25
Pinus cedrus L.	0.001470	32
——— (jung)	0.000858	82
—— abies L.	0.001551	81
Sequoia gigantea (jung)	0.001749	82
Tradescantia subaspera Gawl.	0.001920	28
Salisburia adiantifolia Sm.	0.001947	120
Orchis latifolia L.	0.001958	67
Rhodea japonica Bl.	0.001964	29
Avena sativa L.	0.002055	27
Veratrum album L.	0.002155	40
Pinus nigricans Host.	0.002260	72
—— australis h. Leop.	0.002473	62
Gagea lutea Schult.	0.002510	27
Orchis militaris L.	0.002539	29
Viscum album L.	0.002722	75
Lilium bulbiferum L.	0.002787	62
——— (Perigon)	0.00314	16
Amaryllis formosissima L.	0.00459	15

IV. Tabelle.

Der von Spaltöffnungen (auf 1 □ᵐᵐ Blattfläche) bedeckte Raum in Theilen eines Millimeters, d. i. die Area sämmtlicher auf 1 □ᵐᵐ stehenden Spaltöffnungen = F.

NB. Z. hat die Bedeutung der Tabelle III.

I) Oberseite des Btattes.

Name der Pflanze.	F.	Z.
Rhipsalis crispata Pfeiff.	0.0049	10
Plumbago Larpentae Lindl.	0.0078	41
Tradescantia subaspera Gawl.	0.0134	7
Broussonetia papyrifera Vent. var. cucullata	0.0137	34
Colchicum autumnale L.	0.0162	41
Solanum dulcamara L.	0.0139	60
Canna gigantea Red.	0.0158	42
Mimosa pudica L. Blatt	0.0164	138
Mimosa pudica L. Keimblatt	0.1042	284
Hieracium foliosum W. et K.	0.0166	21
Galanthus nivalis L.	0.0176	30
Talinum calycinum Engelm.	0.0179	34
Hakea pendula h. Leop.	0.0188	78
Amarantus caudatus L.	0.0195	171
Statice incana L.	0.0203	75
Amarantus speciosus Sims.	0.0222	84
Asclepias incarnata L.	0.0247	67
Hieracium aurantiacum L. β) majus	0.0261	20
Pinus nigra Ait.	0.0276	31
Rhamnus Pallasii F. et Mey.	0.0289	51
Pinus silvestris L.	0.0307	50
—— laricio Poir.	0.0313	51
Aster pyrenaeus L.	0.0319	35
Pisum sativum L.	0.0323	101
Valeriana phu L. (Minimum)	0.0338	69
—————— (Maximum)	0.0707	69
Astragalus maximus Willd.	0.0339	52
Amarantus hybridus L.	0.0343	110
Amaryllis odoratissima Parm.	0.0353	32
Populus dilatata Ait.	0.0363	55

Name der Pflanze.	F.	Z.
Silene inflata L.	0.0386	71
Populus monilifera Ait.	0.0392	89
Orchis latifolia L.	0.0392	20
Amarantus caudatus L. β) pallidiflorus	0.0443	149
Cerastium glutinosum Fr.	0.0454	69
Statice latifolia Sm.	0.0458	98
Notobasis syriaca Cass.	0.0474	145
Pinus uncinata Ram.	0.0488	69
Sedum latifolium Bertol.	0.0503	50
Arenaria grandiflora L.	0.0520	94
Araucaria imbricata Pav.	0.0556	46
——————— (jünger)	0.0547	46
Anemopsis californica Hook.	0.0643	98
Gagea lutea Schult.	0.0678	27
Acacia decipiens RBr.	0.0679	103
Avena sativa L.	0.0706	48
Isatis tinctoria L.	0.0725	214
Datura stramonium L.	0.0744	114
Stellaria media Sm.	0.0758	128
Amaryllis formosissima L.	0.0780	17
Zea mais L.	0.0792	94
Atraphaxis spinosa L.	0.0847	112
Iris germanica L.	0.0851	65
Pinus cedrus L.	0.0911	62
Eryngium maritimum L.	0.1001	118
Primula auricula L.	0.1015	101
Helianthus annuus L.	0.1074	175
Gypsophila perfoliata L. β) scorzoneraefolia	0.1127	103
Brassica palustris Piron.	0.1137	309
Pinus abies L.	0.1206	88
Althaea mexicana Kże.	0.1589	268
Nymphaea thermalis DC.	0.1650	625
Pinus australis hort. Leop.	0.1866	79
Viscum album L.	0.1933	71
Pinus strobus L. Oberseite 1.	0.1945	142
——————— Oberseite 2.	0.1814	126
——— nigricans Host.	0.1968	82
Asphodelus luteus L.	0.1971	284
Nymphaea alba L.	0.2070	460

II) Unterseite des Blattes.

Name der Pflanze.	F.	Z.
Rhipsalis crispata Pfeiff.	0.0059	12
Orobus vernus L. Minimum.	0.0167	148
——— Maximum.	0.0977	148
Talinum calycinum Engelm.	0.0179	34
Colchicum autumnale L.	0.0186	47
Plumbago Larpentae Lindl.	0.0193	101
Datura stramonium L. (Blumenblatt)	0.0201	76
——— Blatt.	0.1234	189
Begonia quinquefolium h. Vindob.	0.0241	32
——— hydrocotylefolia Lk.	0.0250	56
Arenaria grandiflora L.	0.0255	46
Panicum palmatifolium Poir.	0.0263	223
Piper pulchellum Ait.	0.0268	41
Secale cereale L.	0.0269	23
Hakea pendula h. Leop.	0.0271	83
Piper amplexifolium Lk.	0.0278	44
Galanthus nivalis L.	0.0323	55
Amaryllis odoratissima Parm.	0.0353	25
Amarantus speciosus Sims.	0.0391	148
Piper blandum Jacq.	0.0392	41
Gireoudia manicata Klotzsch.	0.0409	62
Populus monilifera Ait.	0.0415	131
Pinus silvestris L.	0.0436	71
——— laricio Poir.	0.0436	71
Amarantus caudatus L. β) pallidiflorus	0.0452	225
Canna gigantea Red.	0 0452	120
Valeriana phu L. (Minimum).	0.0465	95
——— Maximum.	0.0974	95
Pinus uncinata Ram.	0.0468	66
cedrus L.	0.0471	32
——— (jung)	0.0824	96
Caltha palustris L.	0.0482	43
——— (Blumenblatt)	0.0483	44
Piper magnoliaefolium Jacq.	0.0487	123
Tradescantia subaspera Gawl.	0.0538	28
Prunus mahaleb L. Minimum.	0.0539	204

Name der Pflanze.	F.	Z.
Prunus mahaleb L. Maximum.	0.1116	204
Amarantus hybridus L.	0.0539	168
Statice latifolia Sm.	0.0542	106
Morus alba L. Minimum.	0.0547	480
——— Maximum.	0.2298	480
Avena sativa L.	0.0554	27
Rhodea japonica Bl.	0.0570	29
Cerastium glutinosum Fr.	0.0578	88
Fraxinus ornus L. Minimum.	0.0580	317
——— Maximum.	0.1880	317
Araucaria imbricata Pav.	0.0581	45
Piper inaequalifolium Vahl.	0.0587	82
Solanum dulcamara L.	0.0607	263
Anemopsis californica Hook.	0.0614	94
Carex arenarius L.	0.0638	85
Acacia decipiens RBr.	0.0651	96
——— (jung)	0.0731	153
Gastonia palmata Roxb.	0.0654	193
Ficus cordata Thunb.	0.0661	108
Araucaria Biddwilli Hort.	0.0662	57
Ficaria ranunculoides Mch.	0.0667	78
Amarantus caudatus L.	0.0672	193
Sedum latifolium Bertol.	0.0678	67
Gagea lutea Schult.	0.0678	27
Amaryllis formosissima L.	0.0689	15
Pisum sativum L.	0.0691	216
Maclura aurantiaca Nutt.	0.0695	251
Asclepias incarnata L.	0.0702	191
Statice incana L.	0.0702	60
Aconitum napellus L.	0.0703	189
Rubia tinctorum L.	0.0719	88
Pinus nigra Ait.	0.0731	82
Solanum argenteum Dun.	0.0736	279
Orchis militaris L.	0.0736	29
Notobasis syriaca Cass.	0.0749	229
Iris germanica L.	0.0759	58
Eryngium maritimum L.	0.0771	108
Isatis tinctoria L.	0.0783	231

Name der Pflanze.	F.	Z.
Aster pyrenaeus L.	0.0802	88
Saururus speciosus h. Vindob.	0.0810	124
Asarum europaeum L. (jung)	0.0836	104
Polygonatum vulgare Red.	0.0858	175
Veratrum album L.	0.0862	40
Ruellia picta Loddig.	0.0869	212
Silene inflata L.	0.0905	166
Gypsophila perfoliata L. β) scorzoneraefolia	0.0912	98
Rhamnus Pallasii F. et Mey. Minimum.	0.0926	315
—————— Maximum.	0.1764	315
Mimosa pudica L.	0.0927	302
—————— (jung)	0.1074	617
—————— (Keimblatt)	0.0748	200
Buxus sempervirens L.	0.0942	208
Styphnolobium japonicum Schott. (Minimum).	0.0942	438
—————— (Maximum).	0.1884	438
Anemone nemorosa L.	0.0947	67
Ilex Cunninghami Hort.	0.0955	152
—— Thunbergi h. Leop.	0.0956	146
—————— (jung)	0.1140	174
Betula alba L.	0.0972	237
Ficus adhatodaefolia Schott.	0.0986	264
—— benjamina L.	0.0987	387
Euphorbia cyparissias L.	0.0989	259
Astragalus maximus Willd.	0.1002	207
Ilex Brunoni h. Leop.	0.1006	130
—————— (jung)	0.1596	270
Hydrangea quercifolia Bertr.	0.1015	330
Atraphaxis spinosa L.	0.1023	157
Ribes aureum L.	0.1025	145
Genista germanica L.	0.1051	176
Brexia madagascariensis Aub. Th.	0.1056	178
Hieracium foliosum W. et K.	0.1068	135
Anemone japonica S. et Zucc.	0.1105	88
Triaenodendron caspicum Endl.	0.1107	218
Gleditschia triacanthos L. var. purpurea	0.1134	146
Helleborus niger L.	0.1135	86
Plantago media L.	0.1142	243

Name der Pflanze.	F.	Z.
Syringa vulgaris L.	0.1162	330
Brassica palustris Piron	0 1164	300
Clematis viticella L.	0.1164	142
Ficus elastica L. (jünger)	0.1187	260
Ilex cassine h. Leop.	0.1206	212
——— (jung)	0.1747	403
Vinca minor L.	0.1223	405
Ilex alcycorne h. Leop.	0.1223	224
Pinus abies L.	0.1255	81
Amygdalus communis L. var. variegata	0.1261	147
Ilex aquifolium L. γ) variegatum	0.1263	230
Acer pseudoplatanus L.	0.1280	400
Tilia glabra Vent.	0.1286	357
Aralia quinquessia h. Leop.	0.1296	129
Berberis vulgaris L.	0.1305	229
Orchis latifolia L.	0.1313	67
Gentiana cruciata L.	0.1317	127
Ficus venosa Willd.	0.1328	447
Zea mais L.	0.1332	158
Sequoia gigantea (jung)	0.1434	82
Ilex aquifolium L.	0.1454	276
Populus dilatata Ait.	0.1471	270
Acer platanoides L.	0.1496	550
Hieracium aurantiacum L. β) majus	0.1498	114
Theophrasta Jussieui Lindl.	0.1501	228
Celtis occidentalis L.	0.1502	616
Pinus australis h. Leop.	0.1532	62
Juglans nigra L.	0.1563	461
Pinus nigricans Host.	0.1627	72
Viscum album L.	0.1642	75
Juglans regia L.	0.1644	299
Quercus pedunculata Ehrh.	0.1651	438
Lilium bulbiferum L.	0.1751	62
——— (Perigon)	0.0502	16
Aralia integrifolia h. Leop.	0.1768	213
Asphodelus luteus L.	0.1784	257
Althaea mexicana Kze.	0.1813	317
Rhododendron hirsutum L.	0.1837	237

Name der Pflanze.	F.	Z.
Taxus baccata L.	0.1879	166
Vinca minor L.	0.1961	477
Helianthus annuus L.	0.1995	325
Ailantus glandulosa Desf.	0.1999	386
Platanus occidentalis L.	0.2043	278
Quercus cerris L.	0.2114	428
Salisburia adiantifolia Sm.	0.2336	120
Olea europaea L.	0.2475	625
——— (jung)	0.3629	1072
Pittosporum tobira Ait.	0.2494	382
——— (jung)	0.2703	496
Pinus balsamea L.	0.2660	228
Fraxinus tamariscifolia Vahl.	0.2778	600
Geranium Robertianum L.	0.3356	297

V. Tabelle.

Summe der auf der Oberseite und der Unterseite vorkommenden Spaltöffnungen; sowie die von denselben auf 1 □^{mm} bedeckte Fläche (F.); d. i. die durch Addition der Spaltöffnungen auf O. und U. gefundene Gesammtzahl derselben auf 1 □^{mm} (= Z), sowie deren Area. — Beigefügt sind die A. aus Tabelle III.

Name der Pflanze.	F.	A.	Z.
Rhipsalis crispata Pfeiff.	0.0108	0.00049	22
Begonia quinquefolium h. Vindob.	0.0241	0.00075	32
——— hydrocotylefolia Lk.	0.0250	0.00045	56
Panicum palmatifolium Poir.	0.0263	0.00012	223
Pritzelia zebrina Klotzsch.	0.0267	0.00052	51
Piper pulchellum Ait.	0.0268	0.00065	41
Plumbago Larpentae Lindl.	0.0271	0.00019	142
Piper amplexifolium Lk.	0.0278	0.00063	44
Colchicum autumnale L.	0.0348	0.00040	88
Talinum calycinum Engelm.	0.0358	0.00053	68
Piper blandum Jacq.	0.0392	0.00096	41

Name der Pflanze.	F.	A.	Z.
Gireoudia manicata Klotzsch.	0.0409	0.00066	62
Hakea pendula h. Leop.	0.0459	0.00033	161
Piper magnoliaefolium Jacq.	0.0487	0.00040	123
Galanthus nivalis L.	0.0499	0.00059	55
Rhodea japonica Bl.	0.0570	0.00196	29
Piper inaequalifolium Vahl.	0.0587	0.00078	82
Canna gigantea Red.	0.0610	0.00038	162
Amarantus speciosus Sims.	0.0613	0.00026	232
Gastonia palmata Roxb.	0.0654	0.00034	193
Ficus cordata Thunb.	0.0661	0.00061	108
Araucaria Biddwilli Hort.	0.0662	0.00116	57
Tradescantia subaspera Gawl.	0.0672	0.00192	35
Maclura aurantiaca Nutt.	0.0695	0.00028	251
Amaryllis odoratissima Parm.	0.0706	0.00141	57
Rubia tinctorum L.	0.0719	0.00082	88
Valeriana phu L.	0.0719	0.00076	164
Orchis militaris L.	0.0736	0.00254	29
Solanum dulcamara L.	0.0746	0.00023	323
Pinus laricio Poir.	0.0749	0.00061	122
—— silvestris L.	0.0743	0.00061	121
Arenaria grandiflora L.	0.0775	0.00055	140
Populus monilifera Ait.	0.0807	0.00038	220
Saururus speciosus h. Vindob.	0.0810	0.00065	124
Prunus mahaleb L.	0.0827	0.00041	204
Veratrum album L.	0.0862	0.00215	40
Amarantus caudatus L.	0.0867	0.00023	364
Ruellia picta Lodd.	0.0869	0.00041	212
Amarantus hybridus L.	0.0882	0.00032	278
——— caudatus L. β) pallidifl.	0.0895	0.00025	374
Statice incana L.	0.0905	0.00114	135
Buxus sempervirens L.	0.0942	0.00045	208
Anemone nemorosa L.	0.0947	0.00141	67
Asclepias incarnata L.	0.0949	0.00037	258
Ilex Cunninghami Hort.	0.0955	0.00063	152
Pinus uncinata Ram.	0.0956	0.00071	135
Ilex Thunbergii h. Leop.	0.0956	0.00065	146
Betula alba L.	0.0972	0.00041	237
Ficus adhatodaefolia Schott.	0.0986	0.00037	264

Name der Pflanze.	F.	A.	Z.
Ficus benjamina L.	0.0987	0.00026	387
Euphorbia cyparissias L.	0.0989	0.00038	259
Statice latifolia Sm.	0.1000	0.00049	204
Ilex Brunoni h. Leop.	0.1006	0.00077	130
Pinus nigra Ait.	0.1007	0.00089	113
Pisum sativum L.	0.1014	0.00032	317
Hydrangea quercifolia Bertr.	0.1015	0.00031	330
Ribes aureum L.	0.1025	0.00071	145
Cerastium glutinosum Fr.	0.1032	0.00066	157
Genista germanica L.	0.1051	0.00060	176
Brexia madagascariensis Aub. Th.	0.1056	0.00059	178
Mimosa pudica L.	0.1091	0.00021	440
——— (Keimblatt)	0.1790	0.00037	484
Anemone japonica S. et Zucc.	0.1105	0.00126	88
Triaenodendron caspicum Endl.	0.1107	0.00051	218
Aster pyrenaeus L.	0.1121	0.00091	123
Araucaria imbricata Pav.	0.1128	0.00127	91
Gleditschia triacanthos L. var. purpurea	0.1134	0.00078	146
Helleborus niger L.	0.1135	0.00132	86
Syringa vulgaris L.	0.1162	0.00035	330
Clematis viticella L.	0.1164	0.00082	142
Sedum latifolium Bertol.	0.1181	0.00101	117
Ficus elastica L. (jünger)	0.1187	0.00041	260
Ilex cassine h. Leop.	0.1206	0.00057	212
Vinca minor L. var. variegata	0.1223	0.00030	405
Ilex alcycorne h. Leop.	0.1223	0.00055	224
Notobasis syriaca Cass.	0.1223	0.00033	374
Fraxinus ornus L.	0.1230	0.00039	317
Hieracium foliosum W. et K.	0.1234	0.00079	156
Anemopsis californica Hook.	0.1257	0.00066	192
Avena sativa L.	0.1260	0.00205	75
Amygdalus communis L. var. variegata	0.1261	0.00086	147
Ilex aquifolium L. γ) variegatum	0.1263	0.00055	230
Acer pseudoplatanus L.	0.1280	0.00032	400
Tilia glabra Vent.	0.1286	0.00039	357
Silene inflata L.	0.1291	0.00055	237
Aralia quinquessia h. Leop.	0.1296	0.00100	129
Berberis vulgaris L.	0.1305	0.00057	229

Name der Pflanze.	F.	A.	Z.
Gentiana cruciata L.	0.1317	0.00104	127
Ficus venosa Willd.	0.1328	0.00030	447
Acacia decipiens R. Br.	0.1330	0.00066	199
Astragalus maximus Willd.	0.1341	0.00056	259
Rhamnus Pallasii F. et Mey.	0.1345	0.00043	315
Gagea lutea Schult.	0.1356	0.00251	54
Pinus cedrus L.	0.1381	0.00147	92
Styphnolobium japonicum Schott.	0.1413	0.00031	438
Morus alba L.	0.1420	0.00030	480
Sequoia gigantea (jung)	0.1434	0.00175	82
Ilex aquifolium L.	0.1454	0.00053	276
Amaryllis formosissima L.	0.1469	0.00459	32
Acer platanoides L.	0.1496	0.00027	550
Theophrasta Jussieui Lindl.	0.1501	0.00066	228
Celtis occidentalis L.	0.1502	0.00025	616
Isatis tinctoria L.	0.1508	0.00034	445
Juglans nigra L.	0.1563	0.00034	461
Iris germanica L.	0.1610	0.00131	123
Juglans regia L.	0.1644	0.00055	299
Nymphaea thermalis DC.	0.1650	0.00026	625
Quercus pedunculata Ehrh.	0.1651	0.00038	438
Orchis latifolia L.	0.1705	0.00196	87
Lilium bulbiferum L.	0.1751	0.00279	62
Hieracium aurantiacum L. β) majus	0.1759	0.00131	134
Aralia integrifolia h. Leop.	0.1768	0.00083	213
Eryngium maritimum L.	0.1772	0.00078	226
Populus dilatata Ait.	0.1834	0.00060	325
Rhododendron hirsutum L.	0.1837	0.00077	237
Atraphaxis spinosa L.	0.1870	0.00068	269
Taxus baccata L.	0.1879	0.00113	166
Vinca minor L.	0.1961	0.00041	477
Datura stramonium L.	0.1978	0.00065	303
Ailantus glandulosa Desf.	0.1999	0.00052	386
Gypsophila perfoliata L. var.	0.2039	0.00100	201
Platanus occidentalis L.	0.2043	0.00074	278
Nymphaea alba L.	0.2070	0.00045	460
Quercus cerris L.	0.2114	0.00049	428
Zea mais L.	0.2124	0.00084	252

Name der Pflanze.	F.	A.	Z.
Brassica palustris Piron.	0.2301	0.00038	609
Salisburia adiantifolia Sm.	0.2336	0.00195	120
Pinus abies L.	0.2461	0.00146	169
Olea europaea L.	0.2475	0.00040	625
Pittosporum tobira Ait.	0.2494	0.00065	382
Pinus balsamea L.	0.2660	0.00117	228
Fraxinus tamariscifolia Vahl.	0.2778	0.00046	600
Helianthus annuus L.	0.3069	0.00061	500
Pinus australis h. Leop.	0.3398	0.00242	141
Althaea mexicana Kze.	0.3402	0.00058	585
Viscum album L.	0.3545	0.00272	146
Pinus nigricans Host.	0.3595	0.00233	154
Asphodelus luteus L.	0.3755	0.00069	541

VI. Tabelle *).

Die beobachteten absoluten Maxima und Minima der Anzahl, Länge und Breite der Spaltöffnungen unter 15—20 einzelnen Abmessungen. O = Obere Blattfläche, U = Untere Blattfläche.

Name der Pflanze.	Anzahl		Länge		Breite	
	O.	U.	O.	U.	O.	U.
Avena sativa L.	4—11	3—8	0.048—0.061	0.051—0.064	0.032—0.038	0.042—0.054
Panicum palmatifolium Poir.	ø	28—42	ø	0.024	ø	0.018—0.021
Secale cereale L.	—	2—5	—	0.051—0.053	—	0.026—0.029
Carex arenarius L.	ø	11—16	ø	0.029—0.035	ø	0.026—0.032
Tradescantia subaspera Gawl.	1—2	3—6	gleich U.	0.064—0.067	gleich U.	0.035—0.038
——— (jung)	—	—	gleich U.	0.026—0.037	gleich U.	0.026—0.039
Veratrum album L.	ø	4—10	ø	0.046—0.067	ø	0.046—0.067
Gagea lutea Schult.	3—8	3—8	0.063—0.084	—	0.036—0.045	—
Asphodelus luteus L.	39—47	36—40	—	0.032—0.037	—	0.026—0.032
Lilium bulbiferum L.	ø	5—12	ø	0.064—0.080	ø	0.048—0.054
——— (Perigon)	—	1—4	—	0.080—0.082	—	0.015—0.051
Polygonatum vulgare Red.	—	16—27	—	0.024—0.029	—	0.025—0.027
Rhodea japonica Bl.	ø	2—7	ø	0.042—0.050	ø	0.039—0.050

*) Die Werthe der O und U in dieser Tabelle sind für die Anzahl der Spaltöffnungen die direkten Beobachtungswerthe; d. h. die Anzahl der auf Einem Gesichtsfelde des Mikroskopes beobachteten Spaltöffnungen. Mit 67 multiplicirt geben diese Zahlen die Anzahl der Spaltöffnungen auf 1 □mm. Länge und Breite sind in Theilen eines Millimeters ausgedrückt.

Name der Pflanze.		Anzahl		Länge		Breite	
		O.	U.	O.	U.	O.	U.
Iris germanica L.		6—13	5—14	gleich U.	0.037—0.045	gleich U.	0.037—0.042
Amaryllis odoratissima Parm.		3—7	2—7	—	0.042—0.048	—	0.037—0.040
Galanthus nivalis L.		3—6	6—11	—	0.032—0.039	—	0.021—0.026
Orchis latifolia L.		3—4	8—13	—	0.045—0.055	—	0.045—0.055
Canna gigantea Desf. (Red.).		5	17—19	—	0.029—0.032	—	0.011—0.016
Araucaria Biddwilli Hort.		ø	4—12	ø	0.045—0.064	ø	0.026—0.032
—— imbricata Pav.		4—9	—	0.048—0.058	—	0.029—0.032	—
—— —— (jung)		5—8	5—8	0.048—0.058	0.051—0.054	0.029—0.032	0.029—0.032
Pinus abies L.		9—17	9—16	0.045—0.054	0.045—0.054	0.032—0.038	0.035—0.038
— australis h. Leop.		9—14	7—11	0.064—0.080	0.064—0.080	0.038—0.051	0.042—0.048
— balsamea L.		ø	29—40	ø	0.046—0.054	ø	0.026—0.032
— cedrus L.		3—12	5—11	gleich U.	0.045—0.063	gleich U.	0.026—0.039
—— (jung)		—	7—12	—	0.042—0.051	—	0.027—0.033
— nigra Ait.		9—14	15—26	—	0.034—0.042	—	0.026—0.029
— nigricans Host.		9—16	9—11	0.057—0.080	0.054—0.071	0.035—0.064	0.038—0.048
— silvestris L.		5—12	7—12	—	0.026—0.034	—	0.021—0.024
— uncinata Ram.		7—13	7—12	—	0.034—0.042	—	0.018—0.024
— Strobus L.	O_1	19—22	ø	0.048—0.061	ø	0.032—0.035	ø
——	O_2	17—20	ø	0.038—0.061		0.037—0.038	
Sequoia gigantea (jung).		ø	8—16	ø	0.048—0.061	ø	0.026—00.38

Name der Pflanze.	Anzahl		Länge		Breite	
	O.	U.	O.	U.	O.	U.
Salisburia adiantifolia Sm.	ø	12—19	ø	0.059—0.073	ø	0.042—0.051
Taxus baccata L.	ø	14—38	ø	0.045—0.051	ø	0.032—0.039
Piper amplexifolium Lk.	ø	5—9	ø	0.032—0.034	ø	0.024
—— blandum Jacq.	ø	4—8	ø	0.039—0.045	ø	0.026—0.029
—— inaequalifolium Vahl.	ø	8—15	ø	0.032—0.038	ø	0.021—0.032
—— magnoliaefolium Jacq.	ø	17—20	ø	0.021—0.026	ø	0.021
—— pulchellum Ait.	ø	4—8	ø	0.027—0.032	ø	0.024—0.026
Anemopsis californica Hook.	11—19	11—19	gleich U.	0.024—0.032	gleich U.	0.024—0.029
Saururus speciosus hort. Vindob.	ø	16—20	ø	0.026—0.037	ø	0.021—0.026
Betula alba L.	ø	33—38	ø	0.029—0.036	ø	0.018—0.024
Quercus cerris L.	ø	48—73	ø	0.030—0.036	ø	0.021—0.027
—— pedunculata Ehrh.	ø	58—72	ø	0.030—0.036	ø	0.015—0.021
Celtis occidentalis L.	ø	77—115	ø	0.024—0.030	ø	0.013—0.018
Broussonetia papyrifera Vent. var. cucullata	1—11	—	0.029—0.036	—	0.018—0.024	—
Ficus adhatodaefolia Schott.	ø	33—42	ø	0.021—0.026	ø	0.016—0.018
—— benjamina L.	ø	45—64	ø	0.018—0.021	ø	0.016—0.018
—— cordata Thunb.	ø	14—20	ø	0.026—0.037	ø	0.021—0.029
—— elastica L.	ø	35—42	ø	0.027—0.030	ø	0.016—0.022
—— venosa Willd.	ø	60—75	ø	0.018—0.021	ø	0.016—0.018
Maclura aurantiaca Nutt.	ø	31—44	ø	0.021—0.024	ø	0.013—0.016

Name der Pflanze.	Anzahl		Länge		Breite	
	O.	U.	O.	U.	O.	U.
Morus alba L.	ø	58—101	ø	0.018—0.035	ø	0.008—0.024
Platanus occidentalis L.	ø	26—57	ø	0.036—0.048	ø	0.026—0.033
Populus dilatata Ait.	4—13	23—47	0.035—0.042	0.030—0.042	0.024	0.021—0.024
—— monilifera Ait.	10—17	17—22	0.033—0.042	0.031—0.039	0.017—0.024	0.012—0.021
Atraphaxis spinosa L.	14—18	21—27	0.033—0.045	0.034—0.039	0.026—0.030	0.018—0.027
Amarantus caudatus L.	24—28	26—30	0.010—0.018	0.018—0.026	0.010—0.016	0.013—0.018
—— β) pallidiflorus	20—26	31—38	0.013—0.017	0.018—0.024	0.010—0.013	0.016—0.021
—— hybridus L.	13—19	22—27	gleich U.	0.016—0.022	gleich U.	0.016—0.021
—— speciosus Sims.	10—14	21—22	——	0.018—0.024	——	0.013—0.018
Hakea pendula h. Leop.	9—15	9—15	0.032—0.035	0.032—0.036	0.006—0.013	0.010—0.013
Asarum europaeum L. (jung)	—	15—19	—	0.030—0.033	—	0.030—0.033
Plantago media L.	—	32—40	—	0.021—0.026	—	0.018—0.021
Valeriana phu L.	8—13	9—17	—	0.026—0.045	—	0.021—0.032
Plumbago Larpentae Lindl.	6—7	14—16	—	0.026—0.029	—	0.009—0.016
Statice incana L.	8—13	7—13	0.047—0.061	0.048—0.063	0.027—0.033	0.030—0.042
—— latifolia Sm.	13—17	14—18	0.029—0.039	0.031—0.036	0.021—0.027	0.021—0.027
Aster pyrenaeus L.	4—7	11—15	—	0.032—0.040	—	0.026—0.029
Helianthus annuus L.	21—30	39—60	—	0.034—0.037	—	0.021—0.024
Hieracium aurantiacum L. β) majus	1—6	14—22	0.055—0.066	0.058—0.068	0.032—0.042	0.029—0.036
—— foliosum W. et K.	3—6	18—24	—	0.042—0.055	—	0.024—0.030

Name der Pflanze.	Anzahl		Länge		Breite	
	O.	U.	O.	U.	O.	U.
Notobasis syriaca Cass.	21—23	32—36	gleich U.	0.024—0.029	gleich U.	0.016—0.024
Fraxinus ornus L.	„	40—50	„	0.018—0.029	„	0.013—0.026
——— tamariscifolia Vahl.	„	76—106	„	0.028—0.036	„	0.021—0.027
Olea europaea L.	„	76—101	„	0.024—0.027	„	0.019
——— (jung)	„	155	„	0.022—0.024	„	0.019
Syringa vulgaris L.	„	46—57	„	0.022—0.035	„	0.013—0.022
Vinca minor L.	„	57—95	„	0.029—0.033	„	0.018—0.024
——— var. variegata	„	48—60	„	0.018—0.024	„	0.013—0.018
Asclepias incarnata L.	9—11	25—28	—	0.024—0.029	—	0.013—0.018
Gentiana cruciata L.	„	16—23	„	0.037—0.040	„	0.032—0.034
Myoporum viscosum h. Leop.	„	33—47	„	—	„	—
Datura stramonium L.	15—19	24—31	0.034—0.039	0.026—0.034	0.024—0.037	0.024—0.026
——— Blumenblatt.	9—14	9—14	—	0.018—0.022	—	0.013—0.018
Solanum dulcamara L.	7—13	35—45	—	0.018—0.026	—	0.013—0.018
——— argenteum Dun.	„	32—39	„	0.021—0.024	„	0.016—0.021
Ruellia picta Lodd.	„	29—35	„	0.024—0.032	„	0.016—0.021
Theophrasta Jussieui Lindl.	„	31—37	„	0.027—0.035	„	0.027—0.032
Rhododendron hirsutum L.	„	26—40	„	0.034—0.037	„	0.024—0.033
Eryngium maritimum L.	14—21	10—22	0.040—0.045	0.035—0.045	0.027—0.033	0.026—0.036
Aralia integrifolia h. Leop.	„	27—38	„	0.032—0.038	„	0.029—0.032

Name der Pflanze.	Anzahl		Länge		Breite	
	O.	U.	O.	U.	O.	U.
Aralia quinquessia h. Leop.	ø	16—23	ø	0.038—0.048	ø	0.026—0.032
Gastonia palmata Roxb.	ø	26—31	ø	0.018—0.024	ø	0.016—0.021
Viscum album L.	8—10	7—13	0.053—0.061	—	0.053—0.066	—
Sedum latifolium Bertol.	6—10	9—11	0.040—0.045	0.037—0.039	0.017—0.024	0.021—0.024
Hydrangea quercifolia Bertr.	ø	48—49	ø	0.019—0.022	ø	0.019—0.022
Brexia madagascariensis Aub. Th.	ø	18—30	ø	0.026—0.032	ø	0.021—0.026
Ribes aureum L.	ø	21—24	ø	0.036—0.042	ø	0.024—0.030
Anemone nemorosa L.	—	9—11	gleich U.	0.037—0.045	gleich U.	0.037—0.040
Caltha palustris L. (Blumenblatt.)	—	3—9	—	—	—	—
Clematis viticella L.	ø	18—27	ø	0.039—0.045	ø	0.026—0.030
Ficaria ranunculoides Mch.	—	8—13	—	0.026—0.034	—	0.029—0.034
Helleborus niger L.	ø	11—14	ø	0.042—0.047	ø	0.034—0.040
Berberis vulgaris L.	ø	29—45	ø	0.033—0.042	ø	0.022—0.027
Brassica palustris Piron.	42—48	36—55	0.026—0.030	0.026—0.036	0.018—0.028	0.019—0.024
Isatis tinctoria L.	29—35	30—40	—	0.021—0.026	—	0.016—0.018
Nymphaea alba L.	65—71	ø	0.021—0.026	ø	0.018—0.024	ø
——— thermalis DC.	82—100	ø	0.019—0.022	ø	0.014—0.019	ø
Begonia hydrocotylefolia Lk.	ø	7—11	ø	0.029—0.037	ø	0.016—0.021
Gireoudia manicata Klotzsch.	ø	5—11	ø	0.035—0.043	ø	0.016—0.021
Pritzelia zebrina Klotzsch.	ø	6—9	ø	0.037—0.039	ø	0.018—0.024

Name der Pflanze.	Anzahl		Länge		Breite	
	O.	U.	O.	U.	O.	U.
Talinum calycinum Engelm.	—	3—6	—	0.029—0.034	—	0.021
Arenaria grandiflora L.	9—20	3—10	—	0.029—0.034	—	0.021—0.026
Cerastium glutinosum Fr.	8—12	11—15	—	0.026—0.037	—	0.026—0.029
Gypsophila perfoliata L. β) scorzoneraefolia	6—16	9—13	0.035—0.057	0.048—0.051	0.029—0.036	0.026—0.039
Silene inflata L.	8—12	18—29	—	0.029—0.034	—	0.018—0.021
Stellaria media Sm.	—	18—20	—	0.026—0.032	—	0.024—0.026
Althaea mexicana Kze.	27—41	40—50	0.029—0.033	0.028—0.030	0.026—0.030	0.026—0.027
Tilia glabra Vent.	ø	33—58	ø	0.029—0.033	ø	0.013—0.021
Acer pseudoplatanus L.	ø	43—72	ø	0.024—0.027	ø	0.017—0.021
Pittosporum tobira Ait.	ø	54—60	ø	0.027—0.035	ø	0.024—0.030
——— (jung)	ø	64—77	ø	0.019—0.030	ø	0.019—0.027
Buxus sempervirens L.	ø	25—35	ø	0.030—0.039	ø	0.030—0.039
Euphorbia cyparissias L.	ø	33—48	ø	0.027—0.033	ø	0.018—0.021
Ilex aquifolium L.	ø	37—45	ø	0.027—0.030	ø	0.022—0.027
——— γ) variegatum	ø	31—37	ø	0.027—0.030	ø	0.024—0.027
—— alcycorne h. Leop.	ø	30—41	ø	0.027—0.032	ø	0.019—0.024
—— Brunoni h. Leop.	ø	17—21	ø	0.032—0.035	ø	0.028—0.032
——— (jung)	ø	40—43	ø	0.027—0.032	ø	0.026—0.032
—— cassine Ait.	ø	27—37	ø	0.027—0.032	ø	0.024—0.027
——— (jung)	ø	56—63	ø	0.022—0.030	ø	0.019—0.024

Name der Pflanze.	Anzahl		Länge		Breite	
	O.	U.	O.	U.	O.	U.
Ilex Cunninghami h. Leop.	ø	21—25	ø	0 027—0 035	ø	0 022—0.027
—— Thunbergi h. Leop.	ø	15—27	ø	0.030—0.035	ø	0 024—0 030
—— —— (jung)	ø	21—30	ø	0.030—0 035	ø	0.024—0 027
Rhamnus Pallasii F. et Mey.	4—11	11—17	0.030—0.039	0.022—0.039	0.024—0.030	0.017—0.024
Juglans nigra L.	ø	53—97	ø	0.024—0.033	ø	0.018—0.027
—— regia L.	ø	33—59	ø	0 035—0.048	ø	0.020—0.024
Ailantus glandulosa Desf.	ø	44—82	ø	0.033—0.039	ø	0.020—0.027
Amygdalus communis L. var. variegata	ø	19—24	ø	0.042—0.061	ø	0.024—0.030
Prunus mahaleb L.	ø	28—32	ø	0.021—0.029	ø	0.013—0.024
Astragalus maximus Willd.	4—10	22—36	0.032—0.036	0.028—0.033	0.026—0.030	0.022—0.027
Genista germanica L.	ø	25—30	ø	0 033—0.039	ø	0.023—0.027
Gleditschia triacanthos L. var. purpurea	ø	21—24	ø	0.038—0.045	ø	0.024—0.030
Orobus vernus L.	—	22—24	—	0.013—0 040	—	0.010—0.021
Pisum sativum L.	12—18	30—37	—	0.021—0 024	—	0.016—0.018
Styphnolobium japonicum Schott.	ø	48—101	ø	0.021—0 027	ø	0.013—0.024
Triaenodendron caspicum Endl.	ø	24—44	ø	0.033—0.042	ø	0.019—0.024
Acacia decipiens RBr.	12—17	12—26	0.032—0.038	0.032—0.038	0.019—0.026	0.022—0.026
—— —— (jung)	—	20—24	—	0 026—0.032	—	0 019—0.022
Mimosa pudica L.	14—22	34—58	0.015—0.018	0.024—0.026	0.008—0 010	0.015
(jung).	—	—	—	0.015—0 023	—	0.008—0.012
—— —— (Keimblatt).	27—42	28—31	0.024—0.027	0 024—0.031	0 018	0.015—0.019

NB. Wo die Zahl der Spaltöffnungen auf Einem Gesichtsfelde des Mikroskopes 30—40 überstieg, also das Zählen

sehr beschwerlich geworden wäre, wurde ein stärkeres Okulare mit beträchtlich kleinerem Gesichtsfelde angewendet. Der Gleichförmigkeit wegen, wurde indess in der Tabelle alles auf ein und dasselbe Gesichtsfeld reducirt. Die oft grossen Differenzen sind nicht immer wirklich vorhanden, da es eben nur die Grenzwerthe sind; so ergab die Zählung der Spaltöffnungen, um ein Paar Beispiele anzuführen, folgende Zahlen: für Brassica palustris Piron: Unterseite = 26, 35, 32, 30, 28, 33, 27, 28, 35, 33, 34, 37, 36, 39, 33, 31 mit den Grenzen 26 und 39; für Populus dilatata Ait: Oberseite = 5, 6, 4, 6, 5, 8, 6, 3, 5, 5, 5, 5, 6, 7, 8, 5, 5, 6, 9, 9 mit den Grenzen 3 und 9, und doch sind die Mittelwerthe wohl verlässlich. In vielen Fällen ist freilich dies durchaus nicht der Fall.

Sucht man die in vorstehenden Tabellen niedergelegten Zahlenwerthe, welche sich auf über 160 Pflanzen der verschiedensten Familien und Lebensverhältnisse beziehen, zu einem klaren Bilde sich zusammenzusetzen, so ergiebt sich ungefähr Folgendes:

I. Anzahl der Spaltöffnungen.

Sehr zahlreiche Spaltöffnungen kommen, mit äusserst wenigen Ausnahmen (Panicum palmatifolium, Asphodelus luteus, Polygonatum vulgare etc.), nur den dicotylen Pflanzen zu; und es zeigt sich im Uebrigen so gut wie gar keine Uebereinstimmung oder Gesetzmässigkeit in der Zahl derselben.

Wenig Spaltöffnungen haben sowohl Monocotyledonen (Gagea lutea, Amaryllis formosissima, Tradescantia subaspera, Orchis militaris etc.) als Dicotyledonen (Asarum europaeum, Talinum calycinum, Begonia-Arten, Piper-Arten etc.); Pflanzen mit fleischigen (Gagea lutea, Orchis latifolia, Sedum latifolium, Amaryllis odoratissima etc.), mit lederartigen (Asarum europaeum, Araucaria-Arten, Pinus-Arten, Viscum album, Anemone nemorosa etc.), mit glatten (Gagea lutea, Orchis militaris, Asarum europaeum, Caltha palustris etc.), mit rauhen (Aster pyrenaeus, Rubia tinctorum, Arenaria grandiflora etc.), mit grossen (Orchis latifolia, Amaryllis-Arten, Begonia-Arten, Piper-Arten) und mit kleinen (Pinus-Arten, Araucaria-Arten, Rhipsalis crispata, Gagea lutea etc.), mit zahlreichen endlich (Pinus-Arten, Araucaria-Arten, Piper-Arten, Sedum-Arten etc.) und mit wenigen Blättern (Asarum europaeum, Gagea

lutea, Caltha palustris etc.). Ebenso finden sich wenig Spaltöffnungen bei Pflanzen, die auf beiden Seiten Spaltöffnungen haben (Rhipsalis crispata, Amaryllis-Arten, Gagea lutea, Asarum europaeum, Colchicum autumnale etc.), oder denen sie auf einer Seite fehlen (Rhodea japonica, Orchis militaris, Begonia-Arten, Anemone nemorosa etc.); sowohl bei Bäumen (Salisburia adiantifolia, Pinus-Arten, Araucaria-Arten, Saururus speciosus, Populus-Arten, Amygdalus communis etc.), als Sträuchen (Atraphaxis spinosa, Ribes aureum, Piper-Arten etc.) und Stauden (Amaryllis-Arten, Orchis-Arten, Arenaria grandiflora, Asarum europaeum etc.).

Viele Spaltöffnungen haben zwar beinahe ausschliesslich nur Dicotyledonen, doch kommen sie bei diesen sowohl an lederartigen (Olea europaea, Celtis occidentalis, Acer platanoides etc.), als auch, wiewohl viel seltener bei fleischigen Blättern vor (Euphorbia cyparissias, Hydrangea hortensis, Brassica-Arten etc.); sie finden sich bei glatten (Vinca minor, Ilex-Arten, Juglans-Arten, Ficus-Arten etc.) sowohl als bei rauhen (Morus alba, Geranium Robertianum, Helianthus annuus etc.), bei grossen (Acer platanoides, Ficus-Arten, Tilia-Arten etc.) und kleinen (Vinca minor, Mimosa pudica, Euphorbia cyparissias, Rhododendron hirsutum etc.); bei Pflanzen mit vielen (Juglans-Arten, Tilia glabra, Quercus-Arten, Fraxinus-Arten etc.) und bei Pflanzen mit wenig Blättern vor (Vinca minor, Ficus-Arten, Brassica-Arten, Plantago media etc.). Man trifft sie ebensowohl bei Pflanzen, welche auf beiden Seiten damit bedeckt sind (Helianthus annuus, Althaea mexicana Kze., Rhamnus Pallasii, Brassica-Arten, Populus-Arten etc.), als auch bei denen dies nur auf einer Seite der Fall ist (Celtis occidentalis, Pittosporum tobira, Acer-Arten, Ficus-Arten, Quercus-Arten etc.); endlich bei Bäumen (Quercus-, Acer-, Juglans- und Fraxinus-Arten etc.), Sträuchen (Rhamnus Pallasii, Berberis vulgaris etc.) und Stauden (Vinca minor, Helianthus annuus, Brassica-Arten, Solanum-Arten etc.).

Zeigt sich also bereits im Allgemeinen keinerlei Regel in der Spaltöffnungszahl der Gewächse, so wird dies noch deutlicher, wenn man specieller auf die Sache eingeht. Nicht nur, dass bei grösseren natürlichen Ordnungen z. B. Coniferen, Compositen, Papilionaceen, Ranunculaceen, Caryophylleen etc. in jeder derselben Pflanzen mit zahlreichen, sowie solche mit wenigen Spaltöffnungen vorkommen: zeigt sich auch, dass selbst Pflanzen eines und desselben Genus die grössten Differenzen zeigen, selbst wenn ihre Lebensweise (Boden-

feuchte, Bodengattung, Temperatur u. s. w.), soweit wir sie kennen, sehr oft die gleiche ist. So haben auf dem Raume von 1 □ mm:

Aralia integrifolia 213, Aralia quinquessia 129 Spaltöffnungen; Ficus venosa hat deren 447, Ficus cordata nur 108; Populus dilatata 270, Populus monilifera 131; Pinus balsamea 228, Pinus abies 81, Pinus uncinata 66, Pinus cedrus 32; Ilex aquifolium 276, Ilex Brunoni 130; Piper magnoliaefolium 123, Piper pulchellum 41 Spalöffnungen u. s. w.

Man kann daher wohl mit Recht behaupten, die Anzahl der Spaltöffnungen sei durchaus weder an natürliche Familien noch an den anatomischen Bau der Organe (Blätter zunächst) gebunden [1]).

Fragt man übrigens nach der am häufigsten auftretenden Zahl dieser Gebilde, so hat man folgende Zusammenstellung:

Es sind unter 157 Pflanzen:

54	d. i.	nahe $\frac{1}{3}$	mit	1—100	Spaltöffnungen	auf	1 □ mm
38	"	" $\frac{1}{4}$	"	100—200	"	"	1 "
39	"	" $\frac{1}{4}$	"	200—300	"	"	1 "
12	"	" $\frac{1}{13}$	"	300—400	"	"	1 "
9	"	" $\frac{1}{17}$	"	400—500	"	"	1 "
1	"	" $\frac{1}{157}$	"	500—600	"	"	1 "
3	"	" $\frac{1}{52}$	"	600—700	"	"	1 "
ø	"	" —	"	700—800	"	"	1 ".

Das heisst: es sind Pflanzen mit zahlreichen Spaltöffnungen seltener, als solche mit wenigen Spaltöffnungen und zwar steigt dies verhältnissmässig sehr rasch, sobald die Zahl der Spaltöffnungen 400 auf 1 □ mm erreicht hat. Im Allgemeinen sind bis 100 auf 1 □ mm oder 480 auf 1 □ Linie weitaus am häufigsten, und wenn man bis zu 200 auf 1 □ mm steigt, hat man nahe $\frac{2}{3}$ der untersuchten Pflanzen umschlossen, so dass in der That gewöhnlich überraschend wenige die Blattfläche bedecken.

Dass die Zahl der Spaltöffnungen auf 1 □ mm 650 übersteige, glaube ich, wofern man völlig erwachsene Blätter zur Untersuchung wählt, für keine Pflanze als wahrscheinlich annehmen zu dürfen, wie

1) Pflanzen mit dichtem Haarfilze, denen man die S. abgesprochen hat, zeigen sie fast in allen Fällen; nur die wachsartig glänzenden Oberseiten der Blätter haben sie nie. Die starke Cuticularablagerung ist indess hier nicht etwa der Grund ihres Fehlens; denn Piper rubricaule hat beinharte Epidermis und zeigt sehr schöne Spaltöffnungen, doch sind die Blätter matt, nicht glänzend.

ich anderseits das Herabsinken dieser Zahl unter 2 auf 1 □mm weder beobachtet habe, noch für wahrscheinlich halten kann.

II. Anordnung der Spaltöffnungen.

Wie in der Zahl, findet auch in der Anordnung der Spaltöffnungen, d. h. in ihrem Auftreten auf beiden oder nur auf einer Blattfläche, durchaus keine Regelmässigkeit statt.

Spaltöffnungen auf beiden Blattflächen haben sowohl Monocotyledonen (Zea mais, Iris germanica, Galanthus nivalis, Canna gigantea, Tradescantia subaspera etc.) als Coniferen (Pinus nigra, P. abies, P. nigricans, Araucaria imbricata) und Dicotyledonen (Silene inflata, Astragalus maximus, Pisum sativum, Populus-Arten, Rhamnus Pallasii etc.), Pflanzen mit fleischigen (Sedum-Arten, Gagea lutea, Orchis-Arten, Galanthus nivalis, Piper-Arten, Amaryllis-Arten etc.), mit lederartigen (Pinus-Arten, Araucaria imbricata, Viscum album, Hakea pendula, Populus-Arten etc.); mit glatten (Populus-Arten, Asarum europaeum, Amaryllis-Arten, Galanthus nivalis, Colchicum autumnale etc.) und rauhen (Hieracium-Arten, Primula-Arten, Broussonetia papyrifera, Amaranthusarten etc.), mit grossen (Iris germanica, Datura stramonium, Colchicum autumnale, Canna-Arten, Broussonetia papyrifera etc.) und mit kleinen Blättern (Mimosa pudica, Pinus-Arten, Araucaria-Arten, Acacia decipiens etc.); Pflanzen mit zahlreichen (Populus-, Pinus-, Araucaria- und Acacia-Arten, Rhamnus Pallasii etc.) und solche mit wenig Blättern (Hieracium-Arten, Gagea lutea, Orchis-Arten, Statice-Arten etc.), endlich Bäume[1]) (Pinus-Arten, Populus-Arten, Broussonetia papyrifera, Robinia viscosa, Acacia-Arten, Larix europaea, Juniperus-, Cupressus-, Thuja- und Melaleuca-Arten etc.), Sträuche (Atraphaxis spinosa, Rhamnus Pallasii etc.) und Stauden (Gagea lutea, Brassica-Arten, Solanum-Arten, Orchis-Arten, Isatis tinctoria, Amaranthus-Arten etc.).

Spaltöffnungen nur auf Einer Blattfläche haben wohl meist nur Dicotyledonen, und sie sind bei Monocotyledonen seltener (Carex-Arten, Panicum palmatifolium, Rhodea japonica), sie finden sich übrigens bei diesen ebensowohl, wie bei Coniferen (Taxus baccata, Pinus-Arten, Sequoia gigantea, Araucaria-Arten etc.)

---

1) Da man gewöhnlich den Bäumen Spaltöffnungen auf beiden Seiten abspricht, habe ich mehrere hinzugefügt, an denen ich sonst keine Messungen vorgenommen.

und Dicotyledonen (Morus alba, Ficus-, Juglans-, Quercus- und Tilia-Arten, Rubia tinctorum, Euphorbia cyparissias etc.), bei Pflanzen mit fleischigen (Hydrangea hortensis, Euphorbia cyparissias, Piper-Arten, Orchis-Arten, Gireoudia manicata etc.), mit lederartigen (Platanus occidentalis, Acer-Arten, Juglans- und Quercus-Arten etc.), mit glatten (Vinca minor, Ficus-, Ilex-, Pinus- und Araucaria-Arten etc.) und rauhen (Morus alba, Hydrangea quercifolia, Rhododendron hirsutum, Amaranthus-Arten etc.), mit grossen (Morus alba, Acer-, Ficus- und Tilia-Arten, Gentiana cruciata, Helleborus niger etc.) und kleinen Blättern (Pinus-Arten, Euphorbia cyparissias, Taxus baccata, Vinca minor, Buxus sempervirens etc.); bei Pflanzen mit zahlreichen (Celtis occidentalis, Tilia-, Pinus-, Acer-, Fraxinus- und Juglans-Arten etc.) und mit wenig Blattorganen (Vinca minor, Aralia-Arten, Anemone- und Orchis-Arten etc.); bei Bäumen (Amygdalus-, Gleditschia-, Acer-, Juglans-, Quercus- und Tilia-Arten etc.), Sträuchen (Ilex-Arten, Buxus sempervirens, Berberis vulgaris, Rhododendron-Arten etc.) und Stauden (Vinca minor, Euphorbia cyparissias, Campanula persicifolia, Rubia tinctorum, Panicum- und Carex-Arten etc.); endlich ebenso wie bei Spaltöffnungen auf beiden Blattflächen bei Pflanzen aus allen möglichen natürlichen Familien.

Mehr Spaltöffnungen auf der oberen wie auf der unteren Blattfläche findet man sowohl bei Monocotyledonen (Amaryllis formosissima, A. odoratissima, Iris germanica, Asphodelus luteus etc.), als auch bei Coniferen (Araucaria imbricata, Pinus australis, Pinus nigricans, Pinus abies etc.) und Dicotyledonen (Brassica palustris, Chenopodium ambrosioides, Eryngium maritimum, Gypsophila perfoliata, Statice incana, Asarum europaeum etc.), bei Pflanzen mit fleischigen (Amaryllis-Arten, Iris germanica etc.), mit lederartigen (Eryngium maritimum, Asarum europaeum etc.), mit glatten (Asarum europaeum, Amaryllis-Arten, Pinus-Arten etc.) und rauhen Blättern (Brassica-Arten), mit grossen (Iris germanica, Amaryllis-Arten etc.) und kleinen (Pinus-Arten, Araucaria-Arten etc.), endlich bei Pflanzen mit zahlreichen (Pinus- und Araucaria-Arten etc.) und bei solchen mit wenigen Blättern (Asarum europaeum, Brassica- und Amaryllis-Arten etc.), endlich bei Bäumen sowohl (Pinus-, Araucaria-Arten etc.) als bei Stauden (Arenaria grandiflora, Asarum europaeum etc.).

Man sucht hier vergebens nach einer Regel und specieller be-

trachtet, zeigt sich die völlige Willkürlichkeit der Anordnung noch mehr.

Zunächst zeigt sich in der Anordnung der Spaltöffnungen bei grösseren natürlichen Ordnungen keinerlei Uebereinstimmung. So haben bei den Gramineen Panicum oben keine, Zea mais, Elymus sabulosus etc. hingegen auf beiden Seiten Spaltöffnungen; von Coniferen haben Sequoia gigantea, Araucaria Biddwilli etc. oben keine, Pinus nigra, silvestris, abies, Araucaria imbricata etc. auf beiden Seiten, Pinus strobus endlich auf der Unterseite keine Spaltöffnungen; von Papilionaceen haben Genista germanica, Gleditschia triacanthos, Styphnolobium japonicum und Triaenodendron caspicum oben keine, hingegen Astragalus maximus, Robinia viscosa, Pisum sativum etc. auf beiden Seiten; von Solaneen haben Solanum argenteum etc. oben keine, Datura Stramonium etc. hingegen auf beiden Seiten; von Moreen haben Ficus-Arten, Morus alba etc. oben keine, Broussonetia papyrifera hingegen auf beiden Seiten Spaltöffnungen, u. s. w.

Pflanzen desselben genus haben oft die einen nur an der Oberseite, die anderen auf beiden Seiten, noch andere endlich nur auf der Unterseite Spaltöffnungen. — So haben Orchis latifolia dieselben auf beiden Seiten, Orchis militaris nur an der Unterseite; Araucaria imbricata hat Spaltöffnungen auf beiden Blattflächen, Araucaria Biddwilli nur auf der Unterseite; Solanum dulcamara auf beiden, Solanum argenteum nur auf der einen Seite; Pinus nigra, Pinus abies, Pinus silvestris etc. auf beiden Blattflächen, Pinus balsamea nur auf der Unter- und Pinus strobus nur auf der Oberseite der Blätter, u. s. w.

Pflanzen desselben genus haben die einen mehr auf der oberen, die anderen mehr auf der unteren Blattfläche. — So haben Brassica oleracea und lyrata deren mehr auf der Unterseite als auf der Oberseite, Brassica palustris hingegen mehr auf der Oberseite; Pinus silvestris, laricio, nigra u. s. w. haben mehr auf der unteren als auf der oberen Blattfläche, während Pinus uncinata, abies, nigricans etc. deren mehr oben als unten zeigen u. s. w.; ja Mimosa pudica hat an den Cotyledonen deren oben mehr als unten, während an den gewöhnlichen Blättern stets ihrer unten mehr als oben vorkommen u. s. w.

Kurz, man mag die Sache wie immer gruppiren, es zeigt sich keinerlei Uebereinstimmung verwandter Pflanzen, und bei den eben angeführten Beispielen, die beliebig aus der Masse herausgegriffen

sind, kommen die heterogensten Anordnungen der Spaltöffnungen auch bei Pflanzen desselben genus vor, die ganz gleiche Lebensbedingungen (Feuchte etc.) verlangen. Nur das eine ist charakteristisch, dass die höchsten Spaltöffnungsanzahlen (über 350 auf 1 □mm) ausschliesslich bei solchen Pflanzen vorkommen, denen diese Gebilde auf einer Seite fehlen, als wollte die Natur durch Zusammendrängen einer enormen Menge derselben auf der einen Blattfläche das Fehlen auf der anderen compensiren, und dass überhaupt, je zahlreicher die Spaltöffnungen auftreten, desto weniger Pflanzen sie auf beiden Blattflächen tragen. So haben unter 157 Pflanzen, bei einer Spaltöffnungszahl auf 1 □mm (Blattunterseite) von

1—100	ihrer	32	auch auf der Oberseite Spaltöffnungen
100—200	„	17	„ „ „ „ „
200—300	„	12	„ „ „ „ „
300—400	„	6	„ „ „ „ „
400—500	„	1	„ „ „ „ „
500—600	„	0	„ „ „ „ „

Uebrigens sind Pflanzen mit Spaltöffnungen auf beiden Blattflächen gerade so häufig, wie solche, denen sie auf der einen Seite fehlen. Unter 141 Pflanzen haben ihrer 69 Spaltöffnungen auf beiden Seiten, und 72 nur auf der einen und der einzige Unterschied ist der, dass die Monocotyledonen nur ein höchst geringes Kontingent für die letztere Anordnungsart stellen.

Dass aber für gewisse Familien des Gewächsreiches bestimmte speciellere Anordnungsformen auftreten, so z. B. die lineare für Coniferen, Gramineen etc.; die gruppenförmige für Banksien, Begonien etc., ist längst bekannt. Bei den Coniferen und zwar der Gattung Pinus könnte sogar die systematische Botanik davon Nutzen ziehen, da nicht nur die Zahl der Reihen eine völlig constante ist (Pinus strobus 3 Reihen; Pinus nigricans 9 Reihen u. s. w.), sondern dies in Verbindung mit der Gestalt des Querschnittes der Nadel und dem Fehlen der Spaltöffnungen auf der einen oder der anderen Seite derselben, völlig hinreicht, aus einer einzigen Nadel die meisten Species völlig scharf auseinanderzuhalten [1]).

1) Für Equiseten hat in neuester Zeit Milde, wie ich mit Vergnügen sah, dieses anatomische Merkmal in seine Diagnosen aufgenommen.

III. Gestalt der Spaltöffnungen.

Die äussere Form der Spaltöffnungen, welche ohnehin mehr oder weniger gestreckte Ellipsen darstellen, lässt sich wohl am besten durch das Verhältniss der Länge zur Breite, d. h. durch ihr Axenverhältniss ausdrücken. Es variirt dieselbe von der reinen Kreisform (1.00) bis zu der Gestalt äusserst gestreckter Ellipsen (3.88) durch alle Mittelwerthe hindurch und wir wollen als rund jene Formen bezeichnen, deren Axenverhältniss 1.15 nicht übersteigt, während wir als sehr gestreckt ein Axenverhältniss von 1.70—3.88 auffassen werden. Da Formen von Spaltöffnungen auftreten, wo die Breite grösser als die Länge wird (Viscum album, Ficaria ranunculoides etc.) und zwar in nicht unbeträchtlichem Grade, während andererseits wieder häufig die Länge bis 4mal grösser als die Breite gefunden wird (Panicum palmatifolium etc.), ist es überflüssig, den grossen Reichthum von Gestaltverschiedenheiten dieser Gebilde mehr hervorzuheben, von denen man glaubte, sie seien, was ihre Gestalt betrifft, so ziemlich alle nach einem Schlage gemacht. Eine Gesetzmässigkeit werden wir indess auch hierbei vergebens suchen.

Wir finden runde Spaltöffnungen, bei Pflanzen, welche dieselben nur auf Einer Seite (Ficus benjamina, Rhodea japonica, Helleborus niger, Carex arenarius, Buxus sempervirens etc.) und bei solchen, welche sie auf beiden Blattflächen besitzen (Amaranthus caudatus, Althaea mexicana, Sedum latifolium, Orchis latifolia etc.); bei Blättern mit sehr vielen (Ficus venosa, Ficus benjamina, Pittosporum tobira, Hydrangea quercifolia, Fraxinus ornus etc.) und auch mit sehr wenigen Spaltöffnungen (Asarum europaeum, Stellaria media, Rhodea japonica, Orchis militaris, Amaryllis odoratissima etc.); bei Pflanzen mit wenig Spaltöffnungen auf der Oberseite (Orchis latifolia, Amaryllis odoratissima, Sedum latifolium etc.), mit sehr viel Spaltöffnungen auf der Oberseite (Althaea mexicana, Amaranthus caudatus etc.) und endlich bei solchen, die ihrer mehr auf der Oberseite als auf der Unterseite haben (Amaryllis odoratissima, Asarum europaeum etc.). Wir finden sie ferner bei Monocotyledonen (Carex arenarius, Rhodea japonica, Amaryllis-Arten etc.) und bei Dicotyledonen (Buxus sempervirens, Ficus benjamina, Althaea mexicana, Ilex aquifolium, Theophrasta Jussieui etc.), bei Pflanzen mit lederartigen (Aralia integrifolia, Ilex-Arten, Helleborus niger, Anemone nemorosa, Ficus-Arten etc.), fleischigen (Piper magnoliaefolium, Orchis latifolia, Amaryllis-Arten etc.), mit

glatten (Ficus- und Ilex-Arten, Buxus sempervirens, Fraxinus-Arten etc.) und rauhen (Amaranthus-Arten, Hydrangea quercifolia, Rhododendron hirsutum etc.), mit grossen (Ficus-, Amaryllis- und Orchis-Arten etc.) und mit kleinen Blättern (Buxus sempervirens, Ilex Thunbergii, Viscum album etc.); endlich bei Pflanzen mit zahlreichen (Buxus sempervirens, Ilex-Arten, Fraxinus-Arten, Pittosporum tobira etc.) und bei solchen mit nur wenigen Blättern (Orchis- und Amaryllis-Arten, Asarum europaeum, Anemone nemorosa etc.). Wir finden sie überdiess bei Bäumen (Fraxinus ornus), bei Sträuchen (Buxus sempervirens, Ilex-Arten etc.) und bei Stauden (Amaranthus-, Orchis- und Amaryllis-Arten, Asarum europaeum etc.); bei Pflanzen mit sehr grossen (Orchis- und Amaryllis-Arten, Rhodea japonica, Helleborus niger, Sedum latifolium etc.) und bei Pflanzen mit sehr kleinen Spaltöffnungen (Fraxinus ornus, Ficus benjamina, Hydrangea quercifolia, Amaranthus caudatus etc.).

Sehr gestreckte Spaltöffnungen finden sich bei Pflanzen, welche dieselben auf beiden Seiten (Mimosa pudica, Populus monilifera, Canna gigantea, Plumbago Larpentae etc.) oder nur auf Einer Blattfläche haben (Begonia-Arten, Araucaria Bidwilli, Triaenodendron caspicum, Panicum palmatifolium, Quercus pedunculata etc.); bei Blättern mit sehr wenigen (Tradescantia subaspera, Pinus cedrus, Pritzelia zebrina, Statice incana etc.) und bei solchen mit äusserst zahlreichen Spaltöffnungen (Quercus pedunculata, Tilia glabra, Mimosa pudica, Panicum palmatifolium etc.); bei Pflanzen mit wenig Spaltöffnungen auf der Oberseite (Tradescantia subaspera, Hieracium aurantiacum, Hieracium foliosum etc.), mit sehr viel Spaltöffnungen auf der Oberseite (Gypsophila perfoliata, Mimosa pudica, Populus monilifera etc.) und endlich bei solchen, die ihrer mehr auf der Oberseite als auf der Unterseite besitzen (Pinus uncinata, Gypsophila perfoliata, Araucaria imbricata etc.); ferner bei Monocotyledonen (Tradescantia subaspera, Canna gigantea, Panicum palmatifolium etc.), bei Coniferen (Pinus uncinata, Araucaria imbricata etc.) und bei Dicotyledonen (Mimosa pudica, Quercus pedunculata, Juglans regia, Hakea pendula etc.); bei Pflanzen mit lederartigen (Hakea pendula, Panicum palmatifolium, Quercus pedunculata, Juglans regia etc.), fleischigen (Begonia-Arten, Tradescantia subaspera etc.), mit glatten (Juglans regia, Araucaria-, Pinus- und Populus-Arten etc.) und rauhen (Hieracium-Arten — im Ganzen sehr selten), mit grossen (Begonia- und Canna-Arten, Populus monilifera etc.) und mit kleinen Blättern (Mimosa pudica, Pi-

nus- und Araucaria-Arten etc.); bei Pflanzen mit zahlreichen (Pinus-, Populus-, Araucaria- und Juglans-Arten etc.) und bei Pflanzen mit wenigen Blättern (Hieracium-Arten, Gypsophila perfoliata etc.), endlich bei Bäumen (Tilia-, Quercus-, Pinus-, Juglans- und Araucaria-Arten etc.) und Stauden (Canna-, Hieracium-, Tradescantia-Arten, Panicum palmatifolium etc.); bei Pflanzen mit sehr grossen (Tradescantia subaspera, Pinus-, Araucaria- und Begonia-Arten etc.) und bei Pflanzen mit sehr kleinen Spaltöffnungen (Panicum palmatifolium, Hakea pendula, Tilia glabra, Mimosa pudica etc.), endlich so wie die runden bei Pflanzen aus den verschiedensten natürlichen Familien und den verschiedensten Lebensbedingungen, wie dies die angeführten Beispiele sogleich zeigen.

Specieller ausgeführt zeigt sich auch hier die grösste Mannigfaltigkeit.

Pflanzen desselben Genus haben oft Spaltöffnungen der heterogensten Gestalt. Die Axenverhältnisse von Pinus strobus (1.32), Pinus balsamea (1.51) und Pinus uncinata (1.82); von Piper magnoliaefolium (1.13), Piper pulchellum (1.20) und Piper blandum (1.45); von Amaryllis formosissima (0.97) und Amaryllis odoratissima (1.13); von Anemone nemorosa (1.1) und Anemone japonica (1.4); von Populus dilatata (1.56) und Populus monilifera (2.33); von Ficus benjamina (1.00) und Ficus adhatodaefolia (1.43) erläutern dies zur Genüge.

Selbst bei ein und derselben Pflanze ist die Gestalt der Spaltöffnungen auf der oberen und auf der unteren Blattfläche oft total verschieden. So bei Amaranthus caudatus, O = 1.00, U = 1.56; Sedum latifolium, O = 1.09, U = 1.25; Populus monilifera, O = 1.97, U = 2.33; Hakea pendula, O = 3.20, U = 2.67 u. s. w.

Doch selbst auf derselben Blattfläche, bei derselben Pflanze kommen die grössten Gestaltdifferenzen vor. So variirt die Form oft neben einander liegender Spaltöffnungen bei Morus alba von 1.37 bis 2.33 (Unterseite); bei Rhamnus Pallasii von 1.30 bis 1.63; bei Orobus vernus von 1.25 bis 1.57 (Unterseite); bei Valeriana phu von 1.11 bis 1.55; bei Styphnolobium japonicum von 1.25 bis 1.60 (Unterseite); bei Pinus strobus von 1.19 bis 1.60 (Oberseite); bei Pinus nigricans von 1.28 bis 1.62 (Oberseite) u. s. w.

Die Eigenschaft, verschieden gestaltete Spaltöffnungen neben einander zu haben, kommt aber keineswegs nur gewissen Familien zu, oder gewissen Anordnungs-

arten[1]. Wir treffen sie bei Pflanzen, die auf beiden Seiten Spaltöffnungen haben (Amaranthus caudatus, Atraphaxis spinosa, Populus monilifera etc.) so gut wie bei Pflanzen, denen sie auf einer Seite fehlen (Morus alba, Styphnolobium japonicum, Prunus Mahaleb etc.), bei solchen, welche sehr *zahlreiche* (Morus alba, Styphnolobium japonicum etc.) und bei solchen, welche sehr *wenige* Spaltöffnungen haben (Valeriana phu, Orchis-, Amaryllis-Arten etc.), bei *Monocotyledonen* (Carex arenarius, Gagea lutea, Iris germanica etc.); bei *Dicotyledonen* (Orobus vernus, Rhamnus Pallasii, Morus alba etc.) und *Coniferen* (Pinus- und Araucaria-Arten etc.), bei *Bäumen* (Morus alba, Pinus-, Prunus- und Araucaria-Arten etc.) und *Stauden* (Orobus vernus, Valeriana phu etc.) u. s. w. u. s. w.

Aus den angeführten Beispielen sieht man überdies, *dass die Gestalt der Spaltöffnungen von der Grösse derselben nicht bestimmt wird, sondern ganz unabhängig davon ist.*

Stellt man sich die Axenverhältnisse, um das am *häufigsten* vorkommende zu finden, zusammen, so hat man unter 174 Pflanzen mit einem Axenverhältnisse von:

0.88—1.00	ihrer	3	d. i.	$\frac{1}{58}$	aller	untersuchten	Pflanzen
1.00—1.20	„	33	„	$\frac{1}{5}$	„	„	„
1.20—1.40	„	47	„	$\frac{1}{4}$	„	„	„
1.40—1.60	„	50	„	$\frac{1}{3}$	„	„	„
1.60—1.80	„	25	„	$\frac{1}{7}$	„	„	„
1.80—2.00	„	7	„	$\frac{1}{25}$	„	„	„;

daher im Ganzen bei einem Axenverhältnisse von:

1.00—2.00	ihrer	162
2.00—3.00	„	6
3.00—4.00	„	3.

Es sind also sowohl völlig kreisförmige als auch sehr gestreckte Spaltöffnungen sehr selten, letztere jedoch in einem noch höheren Grade und das weitaus häufigste Axenverhältniss bewegt sich um 1.20 bis 1.60 herum. Es sind also die Spaltöffnungen zumeist nicht sehr gestreckte Gebilde, und Formen, deren Länge die Breite um mehr als das Doppelte überwiegt, gehören zu grossen Seltenheiten; in der That enthält das Axenverhältniss 1.00—2.00 nicht weniger als 162 von 174 untersuchten Werthen, also weit über $\frac{5}{6}$ derselben.

---

1) cf. Tabelle VI.

IV. Absolute Länge und Breite der Spaltöffnungen.

Der erste Blick auf die in der Tabelle VI niedergelegten Werthe giebt wohl ohne weitere Erörterungen genügenden Beweis, wie sehr sowohl Länge als Breite der Spaltöffnungen bei einer und derselben Pflanze, an ein und derselben Blattfläche, ja an demselben Theile derselben Blattfläche variiren; bei Pflanzen aus derselben natürlichen Familie oder desselben Genus kann daher schon gar nicht an Uebereinstimmung gedacht werden.

An demselben Pflanzenexemplare sind die Spaltöffnungen eines und desselben Theiles jeder Blattfläche bei keiner Pflanze gleich lang oder gleich breit; die Spaltöffnungen an Ober- und Unterseite natürlich noch viel weniger[1]).

Es darf daher nicht befremden, wenn verschiedene Pflanzen gar sehr von einander abweichen; die beobachteten Extreme stellen für die Länge Amaranthus caudatus mit 0.010^{mm} und Gagea lutea mit 0.084^{mm}; für die Breite Hakea pendula mit 0.006^{mm} und Amaryllis formosissima mit 0.079^{mm} dar; es sind daher die Spaltöffnungen mancher Pflanzen über 8mal länger und 13mal breiter als die anderer Gewächse, eine gewiss überraschend grosse Verschiedenheit.

Man darf nicht glauben, dass die verschiedene Turgescenz der Schliesszellen, welche oft Länge und Breite sehr alterirt, den grössten Theil an diesen Differenzen hat; wer viel mit Spaltöffnungen sich befasst hat, wird unschwer die durch das Geöffnet- oder Geschlossensein der Schliesszellen hervorgebrachten Extreme ausschliessen und immer nur nahezu gleiche Turgescenzzustände zu Grunde legen können.

V. Grösse der Spaltöffnungen.

Unter Grösse verstehen wir die von der Spaltöffnung (eigentlich von den Schliesszellen) bedeckte Fläche, ausgedrückt in Theilen eines Millimeters.

Auch hier zeigt sich wenig Allgemeines; es haben sich die meisten bisher allgemein angenommenen Punkte nicht bestätigt, wie dies ja auch bei Gestalt, Anzahl und Vorkommen der Fall war. Da man

[1]) Im Allgemeinen ist Länge und Breite nicht gleich variabel: erstere weit weniger

eine zu kleine Zahl von Gewächsen verglich [1]), schien in Manchem Uebereinstimmung zu sein, wo sie in der That nicht vorhanden ist.

Die grössten Spaltöffnungen finden sich wohl in der Regel bei Pflanzen, welche deren sehr wenige haben (Amaryllis formosissima, Orchis militaris, Gagea lutea, Anemone nemorosa, Helleborus niger etc.), doch sind Geranium Robertianum, Rhododendron hirsutum, Platanus occidentalis, Pinus balsamea etc. Beweise für das wenig Allgemeine dieses Satzes. Uebrigens finden sich die grössten Spaltöffnungen sowohl bei Pflanzen, die ihrer auf beiden (Amaryllis-Arten, Viscum album, Gagea lutea, Pinus-Arten etc.), als auch bei solchen, die ihrer nur auf einer Blattfläche haben (Rhodea japonica, Orchis militaris, Araucaria Bidwilli, Helleborus niger, Anemone nemorosa etc.) und ebenso bei Pflanzen, die deren auf der Oberseite mehr (Pinus abies, Pinus australis, Araucaria imbricata etc.) oder weniger als auf der Unterseite tragen (Tradescantia subaspera, Orchis latifolia, Sedum latifolium etc.). Sie finden sich bei Monocotyledonen (Amaryllis- und Orchis-Arten, Rhodea japonica, Gagea lutea, Tradescantia subaspera etc.) eben so häufig wie bei Dicotyledonen (Viscum album, Anemone nemorosa, Helleborus niger, Hieracium aurantiacum etc.) und bei Coniferen (Araucaria- und Pinus-Arten, Sequoia gigantea etc.), bei Pflanzen mit lederartigen (Viscum album, Helleborus niger, Salisburia adiantifolia, Pinus- und Araucaria-Arten etc.), mit fleischigen (Orchis- und Amaryllis-Arten, Gagea lutea, Sedum-Arten etc.), mit glatten (Amaryllis-, Orchis-, Pinus-Arten etc.) und mit rauhen (Anemone- und Hieracium-Arten, Geranium Robertianum etc.), mit grossen (Orchis-, Iris- und Ficus-Arten etc.) und mit kleinen Blättern (Pinus- und Araucaria-Arten, Taxus baccata, Gagea lutea etc.); bei Gewächsen, welche zahlreiche (Pinus-, Araucaria-Arten, Taxus baccata, Salisburia adiantifolia etc.) und bei solchen, welche nur spärliche Blätter besitzen (Orchis-, Hieracium-, Primula-Arten etc.), endlich bei Bäumen (Pinus- und Araucaria-Arten, Sequoia gigantea, Taxus baccata, Gleditschia triacanthos etc.) sowohl als bei Stauden (Orchis-Arten, Gagea lutea, Anemone nemorosa, Helleborus niger etc.) und wie die angeführten Beispiele zeigen bei Pflanzen der verschiedensten Familien und der mannigfaltigsten Lebensverhältnisse.

Die kleinsten Spaltöffnungen finden sich in der Regel bei Pflanzen, welche ihrer sehr viele besitzen, doch sind

1) Rudolphi hat zwar sicher mehrere hundert Pflanzen untersucht, allein Messungen hatte er keine angestellt und überhaupt den Weg der Vergleichung verfehlt.

der Ausnahmen hiervon nicht wenige (Hakea pendula, Plumbago Larpentae, Colchicum autumnale, Populus monilifera etc.), so dass man höchstens diesen Fall als den häufigeren bezeichnen kann. Sehr kleine Spaltöffnungen finden sich übrigens (so wie wir es von den sehr grossen erwiesen haben) eben so häufig bei Pflanzen, die nur auf einer Seite Spaltöffnungen tragen (Panicum palmatifolium, Celtis occidentalis, Morus alba, Acer platanoides etc.), als bei solchen, wo sie beide Blattflächen bedecken (Hakea pendula, Mimosa pudica, Solanum dulcamara, Plumbago Larpentae etc.), als auch bei solchen, deren Oberseite ihrer mehr zählt (Brassica palustris, Arenaria grandiflora etc.), oder weniger (Amaranthus caudatus, Plumbago Larpentae etc.) als die Unterseite. Sie erscheinen bei Monocotyledonen (Panicum palmatifolium, Canna gigantea, Colchicum autumnale etc.) so gut wie bei Dicotyledonen (Plumbago Larpentae, Morus alba, Solanum- und Ficus-Arten etc.), nur nicht bei Coniferen, welche ohne Ausnahme grössere Spaltöffnungen besitzen. Dafür kommen sie vor bei Pflanzen mit lederartigen (Morus alba, Celtis occidentalis, Quercus-, Ficus- und Acer-Arten etc.) und mit fleischigen (Euphorbia-Arten, Colchicum autumnale, Brassica-Arten, Nymphaea alba, Begonia-Arten etc.), mit glatten (Ficus-, Olea-, Juglans-Arten, Vinca minor, Betula alba etc.) und mit rauhen (Hydrangea quercifolia, Morus alba, Amaranthus-Arten etc.), mit grossen (Hydrangea- und Ficus-Arten, Canna gigantea, Begonia-Arten etc.) und mit kleinen Blättern (Mimosa pudica, Vinca minor, Euphorbia cyparissias etc.), bei Pflanzen mit zahlreichen (Morus alba, Olea europaea, Quercus-, Acer- und Juglans-Arten etc.) und bei Pflanzen mit nur wenigen Blattorganen (Colchicum autumnale, Plantago media, Brassica- und Begonia-Arten etc.), endlich bei Bäumen (Morus alba, Olea europaea, Quercus-, Juglans- und Acer-Arten etc.) sowohl als bei Stauden (Vinca minor, Euphorbia cyparissias, Plumbago Larpentae, Pisum sativum etc.) und bei Pflanzen aus den verschiedensten Familien und der verschiedensten Lebensweise. Die Längen- und Breitenmessungen an sich, lassen schon auf die grosse Veränderlichkeit der Spaltöffnungsgrösse schliessen und in der That zeigt sich hierin eine überraschende Mannigfaltigkeit.

Bei Pflanzen desselben Genus ist die Grösse der Spaltöffnungen oft total verschieden. So beträgt dieselbe für Ficus benjamina 0.00026^{mm}, für Ficus adhatadaefolia 0.00037^{mm} und für Ficus elastica endlich gar 0.00122^{mm}; für Pinus silvestris 0.00061^{mm}, für Pinus nigra 0.00089^{mm} und für Pinus nigricans 0.0024^{mm}; bei Hieracium

foliosum 0.00079^{mm}, bei Hieracium aurantiacum 0.00131^{mm}; bei Amaryllis odoratissima 0.00141^{mm}, bei Amaryllis formosissima 0.00459^{mm}; bei Piper magnoliaefolium 0.00039^{mm}, bei Piper blandum 0.00096^{mm} etc.

An einer und derselben Pflanze ist die Grösse der Spaltöffnungen auf der Ober- und Unterseite stets, oft ganz ausserordentlich verschieden. So ist dieselbe bei Amaranthus caudatus O = 0.00011, U = 0.00035^{mm}; bei Atraphaxis spinosa O = 0.00076, U = 0.00059^{mm}; bei Pinus cedrus O = 0.00192, U = 0.00147^{mm}; bei Orchis latifolia O = 0.0025, U = 0.0019^{mm}; bei Gypsophila perfoliata O = 0.0011, U = 0.0009^{mm}; bei Mimosa pudica O = 0.0001^{mm}, U = 0.0003^{mm} u. s. w. Daher oft auf der einen Seite mehr als 3mal grösser wie auf der anderen.

Selbst auf ein und demselben Oberhautstücke derselben Blattfläche an einer und derselben Pflanze variirt die Grösse der einzelnen Spaltöffnungen oft in sehr bedeutender Weise. So variiren neben einander liegende Spaltöffnungen bei Orobus vernus zwischen 0.0001 bis 0.0007^{mm}; bei Morus alba zwischen 0.0005 und 0.0001^{mm} (Unterseite); bei Fraxinus ornus zwischen 0.0002 und 0.0006^{mm} (Unterseite); bei Sequoia gigantea zwischen 0.0009 und 0.0018^{mm} (Unterseite); bei Valeriana phu zwischen 0.0005 und 0.0010^{mm} (Unterseite); bei Valeriana phu zwischen 0.0005 und 0.0010^{mm} (Oberseite); bei Populus nigra (junges Blatt) fand ich die Area neben einander liegender Spaltöffnungen zwischen 0.00036^{mm} und 0.00148^{mm} [die Länge variirt zwischen 0.024^{mm} und 0.054^{mm}]; bei Pinus strobus zwischen 0.0009 und 0.0018^{mm} (Oberseite); bei Pinus nigricans zwischen 0.0015 und 0.0041^{mm}; bei Hakea pendula zwischen 0.0002 und 0.0004^{mm} u. s. w., so dass neben einander liegende Spaltöffnungen oft 6mal grösser als ihre Nachbarn sind.

Begreiflicherweise variirt mit dem Alter des Theiles auch die Grösse der Spaltöffnungen; die Spaltöffnungszellen wachsen so gut wie alle anderen. In welcher Art dies zu geschehen pflegt, zeigt folgende Tabelle:

	Länge	Breite	Axenverhältniss
Pittosporum tobira	0.031	0.027	1.14
——— (jung)	0.027	0.026	1.04
Mimosa pudica	0.026	0.015	1.73
——— (jung)	0.019	0.015	1.27
Ilex cassine	0.029	0.025	1.17
——— (jung)	0.025	0.022	1.14

	Länge	Breite	Axenverhältniss
Ilex Brunoni	0.034	0.029	1.17
——— (jung)	0.029	0.026	1.11
—— Thunbergi	0.032	0.026	1.23
——— (jung)	0.032	0.026	1.23
Acacia decipiens	0.036	0.024	1.50
——— (jung)	0.029	0.021	1.37
Araucaria imbricata	0.053	0.030	1.70
——— (jung)	0.053	0.029	1.80
Pinus cedrus	0.055	0.034	1.64
——— (jung)	0.042	0.026	1.60

Es zeigt sich aus diesen Beispielen, die ich leicht noch um viele vermehren könnte, Folgendes:

1) Die Schliesszellen wachsen bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Während z. B. bei Ilex Thunbergi sowohl Länge als Breite derselben beim völlig ausgewachsenen Blatte nicht grösser als beim jugendlichen erscheint, zeigt Pinus cedrus an alten Nadeln ein Längenwachsthum von 0.013^{mm}, ein Breitenwachsthum von 0.008^{mm} im Gegensatze zu jungen, d. h. die Spaltöffnung ist um über $\frac{1}{4}$ ihrer ausgebildeten Länge und ebenso $\frac{1}{4}$ ihrer Breite gewachsen u. s. w.

2) Die jugendliche Spaltöffnung ist stets weniger gestreckt als die ältere Spaltöffnung und

3) Das Längenwachsthum der Schliesszellen überwiegt stets ihr Wachsthum in die Breite, ja bei vielen Pflanzen findet eben nur noch ein Längenwachsthum der fertigen Spaltöffnung statt, die Breite bleibt bei ihnen ungeändert.

Dieses Wachsthum der Schliesszellen hat natürlich eine oft beträchtliche Flächenzunahme des ganzen Gebildes zu Folge, und in der That beträgt z. B. die Grösse einer Spaltöffnung der ausgewachsenen Nadel von Pinus cedrus 0.0015^{mm}, während die der jungen kaum 0.00086 erreicht, so dass die Area der einen fast das Doppelte der anderen ist.

Fragt man nach der am häufigsten vorkommenden Grösse der Spaltöffnungen, so hat man unter 150 Pflanzen bei einer Grösse von:

0.0001—0.0002	deren	im	Ganzen	5
0.0002—0.0003	„	„	„	12
0.0003—0.0004	„	„	„	26
0.0004—0.0005	„	„	„	13

0.0005—0.0006	deren im Ganzen	22
0.0006—0.0007	„ „ „	17
0.0007—0.0008	„ „ „	11
0.0008—0.0009	„ „ „	9
0.0009—0.0010	„ „ „	3;

für Grössen über 0.001^{mm} hat man von:

0.0010—0.0015	20	Pflanzen
0.0015—0.0020	6	„
0.0020—0.0025	2	„
0.0025—0.0030	3	„
0.0030 und mehr	1	„.

Die weitaus häufigste Grösse der Spaltöffnungen liegt daher zwischen 0.0002—0.0008^{mm}. Innerhalb dieser Grenzen liegen über $\frac{2}{3}$ der untersuchten Pflanzen; Grössen, welche unter 0.0002^{mm} und über 0.0015^{mm} fallen, gehören bereits zu den Seltenheiten und es scheint die Grösse dieser Gebilde 0.005^{mm} nicht zu überschreiten.

Die Extreme werden durch Amaranthus caudatus mit 0.00011^{mm} und durch Amaryllis formosissima mit 0.00459^{mm} repräsentirt, liegen also um mehr als das 40fache auseinander, d. h. die Spaltöffnungen mancher Pflanzen sind über 40mal grösser als die anderen Gewächse.

Es hat sich daher herausgestellt, dass weder die Anzahl noch die Anordnung, noch die Gestalt, noch endlich die Grösse der Spaltöffnungen an natürliche Familien, oder den anatomischen Bau der Blätter oder endlich an die Lebensweise des Gewächses gebunden, sondern gänzlich von derselben unabhängig ist[1]).

Da indess nicht die einzelne Spaltöffnung, sondern ihre Gesammtheit wirksam ist, müssen wir die aus der Zusammenfassung aller Spaltöffnungen sich ergebenden Folgerungen ebenfalls betrachten. Wir thun da am besten, die Flächenräume zu betrachten, welche auf der Quadrateinheit von Spaltöffnungen bedeckt sind (Tabelle IV u. V).

---

1) Die allgemein verbreitete von Rudolphi zuerst aufgestellte Annahme, dass die Grösse der Spaltöffnungen im directen Verhältnisse mit der Substanz des Blattes stehe, eine Annahme, welche ohne irgend welchen Grund von Decandolle, Meyer, Treviranus und allen folgenden angenommen wurde, widerlegt sich beim ersten Blicke auf die Werthe der Tabelle III.

VI. Grösse des von allen Spaltöffnungen in der Quadrateinheit bedeckten Raumes.

Multiplicirt man den von einer einzigen Spaltöffnung eingenommenen Flächenraum mit der Zahl dieser Gebilde auf der Quadrateinheit, so erhält man natürlich die auf dieser Quadrateinheit von den Spaltöffnungen eingenommene Fläche. Da Ober- und Unterseite sehr differiren, müssen wir beide zunächst getrennt betrachten.

a) Unterseite der Blätter.

Wir können hier zuerst einige fast allgemein giltige Normen aufstellen und zwar:

1) Die Gesammtheit der Spaltöffnung bedeckt fast ohne Ausnahme die grössten Flächen nur bei jenen Pflanzen, wo sie sehr zahlreich vorhanden sind (Olea europaea, Fraxinus tamariscifolia, Quercus-Arten u. s. w.).

2) Die Gesammtheit der Spaltöffnungen bedeckt fast ohne Ausnahme die kleinsten Flächen nur bei jenen Pflanzen, wo ihrer sehr wenige auftreten (Rhipsalis crispata, Talinum calycinum, Amaryllis-Arten etc.). Die vorkommenden Ausnahmen (Panicum palmatifolium, Amaranthus-Arten etc.) sind lediglich Pflanzen mit derben, lederartigen Blättern, deren Epidermis daher an der Transpiration etc. keinen, oder nur höchst geringen Antheil nehmen kann.

3) Je grösser die einzelne Spaltöffnung ist, desto kleiner ist durchaus nicht, wie man bisher annahm, die von allen bedeckte Fläche[1]). Gerade Pflanzen mit den grössten Spaltöffnungen (Viscum album, Salisburia adiantifolia, Taxus baccata, Asphodelus luteus etc.) haben zugleich eine sehr grosse Fläche aller, oder stehen, wie Rhodea japonica, Orchis militaris, Gagea lutea etc. keineswegs unter den sehr kleinen Flächen.

4) Je kleiner die einzelne Spaltöffnung, desto grösser ist ebenfalls durchaus nicht die von allen bedeckte Fläche. Gerade Pflanzen mit den allerkleinsten Spaltöffnungen (Panicum palmatifolium, Hakea pendula, Orobus vernus, Morus alba, Datura stramonium etc.) haben zugleich eine ausserordentlich kleine Area aller zusammen.

5) Im Allgemeinen ist die Area aller Spaltöffnungen

---

1) Man könnte dies vermuthen, da Pflanzen mit grossen Spaltöffnungen ihrer meist nur wenige haben und umgekehrt.

zusammen desto grösser, je zahlreicher dieselben sind, doch kommen auch hier zahlreiche Ausnahmen vor.

Im übrigen finden wir grosse Area bei Monocotyledonen nur selten; sonst aber bei Coniferen (Pinus-Arten, Sequoia gigantea etc.) und Dicotyledonen (Olea europaea, Ficus-, Juglans- und Quercus-Arten etc.); ferner fast nur bei derben, lederartigen Blättern mit stark entwickelten Cuticularschichten, mögen dies nun Bäume (Pinus-Arten, Salisburia adiantifolia, Theophrasta Jussieui, Taxus baccata, Olea europaea etc.) oder Stauden sein (Vinca minor, Viscum album etc.); bei Pflanzen, die nur auf einer Seite Spaltöffnungen haben (Olea europaea, Quercus cerris, Vinca minor, Rhododendron hirsutum etc.) und bei solchen, die sie auf beiden Blattflächen besitzen (Helianthus annuus, Althaea mexicana, Asphodelus luteus, Viscum album etc.); bei Pflanzen mit grossen Blättern verhältnissmässig selten, desto häufiger bei solchen mit kleinen Blättern (Pinus balsamea, Olea europaea, Taxus baccata, Vinca minor etc.); ebensowohl indess bei Gewächsen, die sehr zahlreiche (Olea europaea, Pinus-Arten, Fraxinus-, Platanus-Arten etc.), als die nur wenige Blätter besitzen (Vinca minor, Hieracium-Arten, Orchis latifolia etc.).

Eine kleine Area aller Spaltöffnungen zusammengenommen finden wir bei Monocotyledonen (Colchicum autumnale, Galanthus nivalis, Amaryllis-Arten etc.), bei Coniferen (Pinus-Arten etc.) und bei Dicotyledonen (Orobus vernus, Datura stramonium, Begonia-Arten etc.); bei Pflanzen, die nur auf Einer Seite Spaltöffuungen besitzen (Begonia-Arten, Piper-Arten, Panicum palmatifolium, Prunus mahaleb etc.) oder auf beiden dieselben zeigen (Rhipsalis crispata, Arenaria grandifolia, Hakea pendula, Populus-Arten etc.); bei Pflanzen mit derben, lederartigen (Hakea pendula, Panicum palmatifolium, Pinus-Arten etc.), mit fleischigen (Piper-Arten, Begonia-Arten, Galanthus nivalis, Caltha palustris etc.), mit glatten (Pinus- und Populus-Arten, Galanthus nivalis etc.) und rauhen (Amaranthus-Arten, Morus alba etc.), mit grossen (Begonia- und Canna-Arten, Populus monilifera etc.) und mit kleinen Blättern (Pinus-Arten, Araucaria- und Piper-Arten etc.); ebenso bei Pflanzen, welche zahlreiche (Pinus-, Araucaria-, Populus-Arten etc.) und bei solchen, welche wenige Blätter besitzen (Colchicum autumnale, Tradescantia- und Amaranthus-Arten etc.); bei Pflanzen mit sehr grossen (Amaryllis- und Pinus-Arten, Rhodea japonica, Statice-Arten etc.) und mit äusserst kleinen Spaltöffnungen (Hakea pen-

dula, Panicum palmatifolium, Amaranthus-Arten etc.); endlich bei *Bäumen* (Morus alba, Prunus mahaleb, Pinus- und Populus-Arten etc.) so gut wie bei *Stauden* (Orobus vernus, Plumbago Larpentae, Colchicum autumnale, Galanthus nivalis etc.) und bei Pflanzen der verschiedensten Familien und der mannigfaltigsten Lebensverhältnisse (Caltha palustris, Panicum palmatifolium, Pinus-Arten etc.).

Uebrigens finden sich auch hier *bei Pflanzen eines und desselben Genus die grössten Verschiedenheiten.* So beträgt die Area aller Spaltöffnungen bei Begonia quinquefolium 0.0241^{mm}, bei Begonia manicata 0.0409^{mm}; bei Piper pulchellum 0.0268^{mm}, bei Piper inaequalifolium 0.0587^{mm}; bei Populus monilifera 0.0415^{mm}, bei Populus dilatata 0.1471^{mm}; bei Orchis militaris 0.0736^{mm}, bei Orchis latifolia 0.1313^{mm}; bei Ficus cordata 0.0661^{mm}, bei Ficus venosa 0.1328^{mm} und bei Ficus elastica 0.1187^{mm}; bei Pinus silvestris 0.0436^{mm}, bei Pinus balsamea 0.2660^{mm}; bei Quercus pedunculata 0.1651^{mm}, bei Quercus cerris 0.2114^{mm} u. s. w., und es zeigen schon diese wenigen Beispiele, *dass Pflanzen, die mehr Feuchtigkeit lieben, weder sich durch zahlreichere Spaltöffnungen, noch durch eine grössere Area aller zusammen* vor denen kennzeichnen, welche trockene Verhältnisse vorziehen etc.

Zur Kenntniss der etwa am *häufigsten* vorkommenden Zahl gelangen wir durch folgende Zusammenstellung. Es haben unter 151 beigezogenen Daten eine Gesammtarea von:

0.00 —0.02^{mm}	im	Ganzen	5	Pflanzen
0.02 —0.06 „	„	„	35	„
0.06 —0.10 „	„	„	43	„
0.10 —0.14 „	„	„	32	„
0.14 —0.10 „	„	„	18	„
0.18 —0.22 „	„	„	10	„
0.22 —0.26 „	„	„	3	„
0.26 —0.30 „	„	„	3	„
0.30 —0.37 „	„	„	2	„

d. h. *die weitaus häufigste Gesammtarea der Spaltöffnungen auf dem Raume der Quadrateinheit liegt zwischen* 0.02^{mm} *und* 0.18^{mm}, doch sind Pflanzen mit grösserer Area als die ebengenannte um vieles zahlreicher als solche, wo sie unter obige Zahl herabsinkt; eine Gesammtarea, welche 0.01^{mm} nicht erreicht, wurde ein einziges Mal beobachtet, während Flächen über 0.18^{mm}, ja bis 0.28^{mm} durchaus keine Seltenheiten sind.

Die Extreme werden repräsentirt durch Rhipsalis crispata mit

einer Gesammtarea von 0.0059 mm und durch Geranium Robertianum mit 0.336 mm; es bedecken daher die Spaltöffnungen bei der einen Pflanze oft einen nahezu 60mal grösseren Raum auf der Quadrateinheit, als bei einer anderen Pflanze.

b) Oberseite der Blätter.

Auch hier findet sich, wie bei der Unterseite der Blätter, grosse Area fast ohne Ausnahme nur bei Pflanzen, welche sehr zahlreiche Spaltöffnungen haben, und umgekehrt.

Man sollte indess glauben, dass bei Pflanzen, welche auf beiden Blattflächen Spaltöffnungen besitzen, die eine Seite die andere compensiren würde, d. h. dass dort, wo z. B. die Oberseite grosse Gesammtarea aller Spaltöffnungen zeigt, die Unterseite eine kleinere Ziffer weisen würde; allein es ist dem nicht so.

Grosse Area aller Spaltöffnungen auf der Oberseite haben nur solche Pflanzen, welche zugleich auch auf der Unterseite eine grosse Fläche aller zusammen besitzen (Asphodelus luteus, Viscum album, Althaea mexicana, Pinus-Arten etc.).

Kleine Area aller Spaltöffnungen haben nur solche Pflanzen, welche auch auf der unteren Blattfläche nur geringe Area einnehmen (Rhipsalis crispata, Plumbago Larpentae, Colchicum autumnale, Hakea pendula etc.).

Uebrigens kommen, sowie bei der Unterseite, sowohl grosse als kleine Area aller Spaltöffnungen auch auf der Oberseite der Blätter nicht nur bei den verschiedensten Pflanzenfamilien, sondern auch bei den verschiedensten Struckturen oder Grössen der Blätter und der einzelnen Spaltöffnung vor; es zeigt sich auch da keinerlei Uebereinstimmung; nur ist zu bemerken, dass, wenn auch die Grösse der einzelnen Spaltöffnung auf der Oberseite häufig um vieles grösser als auf der Unterseite ist, so doch, wenn Spaltöffnungen auf beiden Blattflächen vorkommen, die Gesammtarea aller auf der Unterseite stets grösser als auf der Oberseite ist. — —

Wir haben im Vorhergehenden Anzahl, Gestalt, Grösse und Anordnung der Spaltöffnungen in allgemeine Gesichtspunkte soweit zu drängen gesucht, als eine zahlreiche Menge über die verschiedensten Familien des Gewächsreiches sich erstreckender Messungen uns positive Daten abgab und die gefundenen Sätze sind alles, was man mit Sicherheit über diese Verhältnisse zu verbürgen vermag. Für den Pflanzenanatomen ist damit dieses Kapitel geschlossen, allein für den Physiologen ist die Kenntniss der Grösse und Gestalt der

eigentlichen Spalte das wesentlichste, ich möchte sagen allein bedeutungsvolle Element. Zwar steht, wie es ja nicht anders zu erwarten ist, die Spalte selbst in einem gewissen Verhältnisse zur Grösse und Gestalt der Spaltöffnung, und wir können immerhin aus einer Detaillirung der letzteren im Allgemeinen auf die erstere schliessen; und Pflanzen, die in unseren Tabellen III — V den Anfang und das Ende machen, werden auch in einer Tabelle, welche die Werthe der Spaltenabmessungen gibt, nicht weit von ihrem Platze rücken, allein es ist doch besonders wünschenswerth, mit möglichster Genauigkeit die Grösse des auf 1 □^{mm} Blattfläche befindlichen, ganz unbedeckten Theiles der Epidermis, d. h. die Grösse aller Spalten zusammen zu kennen, überhaupt die Spalte selbst zu studiren. Ich werde meine zahlreichen Notirungen und Versuche über diesen Gegenstand in einem der nächsten Jahre zusammenstellen und füge hier nur noch die Betrachtung jenes Raumes bei, den die Spaltöffnungen der oberen und unteren Blattfläche zusammengenommen (d. h. auf Eine Blattfläche reducirt) bedecken. Wenn es auch nicht die eigentlichen Spaltenwerthe sind, fehlt man doch, wie spätere Mittheilungen zeigen werden, bei Vergleichung der Pflanzen untereinander wenig, wenn man sie dafür supponirt; nur wo es auf numerische Werthe der Spalte, nicht auf relative, ankommt, wird man diese Tabelle nicht gebrauchen können.

c) Oberseite und Unterseite zusammengenommen [1]).

Das Wenige, nahezu allgemein Giltige hier ist das Folgende:

1) Pflanzen mit sehr vielen Spaltöffnungen (auf d. U.) haben auch grosse O + U. Der Ausnahmen hiervon sind äusserst wenige (Orchis latifolia und Amaryllis formosissima).

2) Pflanzen mit sehr wenig Spaltöffnungen haben auch kleine O + U. Hier sind die Ausnahmen wohl zahlreicher (Panicum palmatifolium, Plumbago Larpentae, Hakea pendula, Amaranthus speciosus etc.) und hervorgebracht durch die enorme Kleinheit der Spaltöffnungen selbst.

3) Weder Gestalt noch Grösse der Spaltöffnung hat auf O + U einen bestimmenden Einfluss (Olea europaea, Brassica palustris einerseits und Tradescantia subaspera, Araucaria Bidwilli etc. andererseits).

Sonst herrscht gar keine Regelmässigkeit.

---

1) Ich bezeichne diese Fläche (in Theilen des Mm. ausgedrückt) im Texte mit O + U (Oberseite mehr Unterseite) — der Kürze halber.

Grosse O + U haben Monocotyledonen (Asphodelus luteus, Zea mais, Orchis latifolia etc.), Coniferen (Pinus-Arten, Taxus baccata, Sequoia gigantea etc.) und Dicotyledonen (Althaea mexicana, Helianthus annuus, Olea europaea etc.); Pflanzen mit lederartigen (Viscum album, Quercus- und Pinus-Arten, Vinca minor), mit fleischigen (Nymphaea alba, Orchis latifolia, Gagea lutea etc.), mit glatten (Vinca minor, Olea europaea, Pittosporum tobira etc.) und rauhen (Morus alba, Hieracium-Arten etc.), mit grossen (Nymphaea alba, Datura stramonium, Orchis-Arten etc.) und kleinen Blättern (Pinus-Arten, Olea europaea, Vinca minor etc.); Pflanzen mit Spaltöffnungen auf einer Seite (Olea europaea, Quercus cerris, Vinca minor etc.) oder auf beiden Seiten (Asphodelus luteus, Viscum album, Brassica palustris etc.); Pflanzen mit sehr grossen (Viscum album, Orchis latifolia, Salisburia adiantifolia etc.) und Pflanzen mit sehr kleinen Spaltöffnungen (Acer platanoides, Celtis occidentalis, Quercus pedunculata, Nymphaea alba, Brassica palustris etc.); endlich Bäume (Olea europaea, Quercus-, Pinus- und Platanus-Arten etc.) und Stauden (Vinca minor, Orchis latifolia, Amaryllis-Arten, Iris germanica etc.) u. s. w. u. s. w.

Kleine O + U haben Monocotyledonen (Panicum palmatifolium, Colchicum autumnale, Galanthus nivalis etc.), Coniferen (Araucaria Bidwilli, Pinus laricio und silvestris etc.) und Dicotyledonen (Begonia- und Piper-Arten, Plumbago Larpentae etc.); Pflanzen mit lederartigen (Panicum palmatifolium, Hakea pendula, Ficus cordata, Maclura aurantiaca etc.), mit fleischigen (Begonia manicata, Galanthus nivalis, Orchis militaris etc.), mit grossen (Begonia- und Orchis-Arten, Colchicum autumnale etc.) und kleinen (Araucaria Bidwilli, Galanthus nivalis, Hakea pendula etc.), Pflanzen mit zahlreichen (Araucaria-Bidwilli, Pinus-Arten, Maclura aurantiaca etc.) und mit wenigen Blättern (Begonia-Arten, Colchicum autumnale, Orchis militaris etc.); mit Spaltöffnungen auf einer Seite (Ficus cordata, Begonia- und Piper-Arten etc.) oder auf beiden Seiten (Rhipsalis crispata, Hakea pendula, Amaranthus speciosus etc.); Pflanzen mit sehr grossen (Rhodea japonica, Amaryllis odoratissima, Tradescantia subaspera, Piper blandum etc.) und mit sehr kleinen Spaltöffnungen (Panicum palmatifolium, Hakea pendula, Amaranthus speciosus, Gastonia palmata etc.); endlich Bäume (Araucaria- und Pinus-Arten, Maclura aurantiaca etc.) und Stauden (Begonia-Arten, Colchicum autumnale, Rubia tinctorum etc.) u. s. w. u. s. w.

Pflanzen eines und desselben Genus zeigen wieder

die grössten Verschiedenheiten. So beträgt O + U für Amaryllis odoratissima 0.071^{mm}, für Amaryllis formosissima 0.147^{mm}, Pinus laricio 0.075^{mm}, Pinus nigricans 0.360^{mm}, Orchis militaris 0.074^{mm}, Orchis latifolia 0.171^{mm}, Populus monilifera 0.081^{mm}, Populus dilatata 0.183^{mm} etc.

Zur Auffindung der häufigsten Area hat man nachfolgende Zusammenstellung. Es sind uuter 133 beigezogenen Pflanzen mit einem O + U von:

0.01^{mm}	bis	0.02^{mm}	im Ganzen	1
0.02 „	„	0.06 „	„ „	17
0.06 „	„	0.10 „	„ „	33
0.10 „	„	0.14 „	„ „	40
0.14 „	„	0.18 „	„ „	13
0.18 „	„	0.22 „	„ „	12
0.22 „	„	0,26 „	„ „	5
0.26 „	„	0.30 „	„ „	2
0.30 „	„	0.30 „	„ „	6

d. h. die weitaus häufigsten Werthe von O + U liegen zwischen 0.06^{mm} und 0.14^{mm}. Höchstens wären hierzu noch Werthe von 0.02^{mm} bis 0.06^{mm} und von 0.14^{mm} bis 0.22^{mm} als häufige zu nennen; alle anderen kommen mehr oder weniger selten vor; nur dass weit mehr Pflanzen vorkommen, welche grössere, als solche, welche kleinere Werthe zeigen.

Die Extreme werden durch Rhipsalis crispata mit 0.01^{mm} und durch Asphodelus luteus mit 0.38^{mm} repräsentirt, so dass die Grenzen um das nahezu 40fache auseinanderliegen.

Ueberblickt man die gewonnenen Resultate, so ergibt sich aus diesen, lediglich positiven Zahlenwerthen entnommenen Betrachtungen die nach allen Richtungen hin enorme Variabilität der Spaltöffnungen, was Grösse, Anzahl und Anordnung derselben am Pflanzenkörper betrifft. Allgemeinere Gesichtspunkte, als die in diesen Zeilen entwickelten, wird man diesem Gebiete nicht abgewinnen, ja selbst die sorgfältigsten Bestimmungen zweier verschiedener Beobachter werden stets auf das bedenklichste von einander abweichen, eben weil Zahl, Grösse und Anordnung, je nach dem Alter und Individuum der untersuchten Pflanze, total verschieden ausfallen.

Schlüsse aus Beobachtungen, welche für ein und dieselbe Pflanzenspecies an feuchten Standorten mehr Spaltöffnungen als an trocke-

nen geben u. s. w., können bei den erwähnten grossen Differenzen kaum überzeugen und meine direkten Versuche sind nicht geeignet sie zu bestätigen.

Ich habe die verschiedensten Pflanzen sehr trocken, sehr feucht, sogar vom Anfange an in und unter Wasser aufgezogen, nie jedoch eine Differenz in der Zahl oder Grösse ihrer Spaltöffnungen gefunden, die nicht ganz wohl noch zwischen die an jeder Pflanze beobachteten Maxima und Minima fiele. Ebenso habe ich Samen, völlig dem Lichtzutritte entzogen, keimen lassen und die so erzogenen Pflanzen zeigten Spaltöffnungen in Zahl und Grösse wie die normal gewachsenen Individuen. Uebrigens habe ich an unterirdischen Pflanzentheilen, an Rhizomen u. s. w. bei sehr vielen Pflanzen Spaltöffnungen aufgefunden (Weiss, Studien, 1857, S. 100), ebenso an beständig unter Wasser bleibenden Theilen von Najas- und Potamogeton-Arten sie beobachtet, habe dieselben ebenso an fleischigen Früchten in grosser Zahl gefunden (Prunus cerasus, Symphoricarpos racemosa, Passiflora-Beeren, Aristolochia clematitis, an Citrus aurantium etc.), kurz sie überall dort, wo man ihr Vorkommen für ganz unmöglich hielt, beobachtet, so dass ich füglich schliessen darf, das Medium, in welchem die Pflanze oder der Theil derselben sich befindet (Luft, Erde, Wasser), habe keinen Einfluss auf das Entstehen dieser Gebilde.

NB. Vorliegende Arbeit war bereits druckfertig, als ich die Ankündigung einer Arbeit von E. Morren las und das Erscheinen seiner Abhandlung abzuwarten beschloss, ehe ich die meinige veröffentlichte. Morren (Bullet de l'acad. royale de Belgique, 1864, XVI n. 12) hat in einer sehr hübschen Zusammenstellung die Anzahl der Spaltöffnungen an 25 in Belgien cultivirten Pflanzen gegeben und sich die Anzahl derselben auf einem mittleren Blatte berechnet, indem er zugleich die Blattnerven zu eliminiren suchte. Grössenbestimmungen an Spaltöffnungen hat er nicht gemacht und man wird finden, dass durch seine Mittheilung das, was ich oben über die Anzahl der Spaltöffnungen sagte, nur wieder sich bestätigt findet.

Ich gebe hier die von ihm gefundenen Mittelwerthe:

	Zahl auf 1 □ mm	
	Oberseite	Unterseite
Quercus robur L.	0	346
Trifolium pratense L.	207	335
Juglans regia L.	0	288 (299)
Solanum tuberosum L.	0 : 2	263
Humulus lupulus L.	0	256
Prunus domestica L. Claudiana Pers.	0	253
Pyrus malus L.	0	246
Helianthus annuus L.	137 (175)	242 (325)
Fagus silvatica L.	0	236
Populus canescens Sm.	0	234
Prunus armeniaca L.	0	228
Syringa vulgaris L.	0	227 (330)
Cerasus mahaleb Juss.	0	226 (204)
—— vulgaris Mill.	0	216
Hedera helix L.	0	196
Amygdalus persica L.	0	186
Fraxinus excelsior L.	0	160
Ilex aquifolium L.	0	156 (276)
Vitis vinifera L.	0	155
Carpinus betulus L.	0	154
Populus pyramidalis Roz.	41	149
(Peuplier de la Caroline)	97	149
Prunus laurocerasus L.	0	143
Buxus sempervirens L.	0	136 (208)
Crataegus oxyacantha L.	0	131
Acacia pseudo-acacia L.	0	128
Sium petroselinum L.	0	124
Beta vulgaris L.	75	115
Populus nigra L.	20	115
Rosa damascena L.	0	113
Populus virginiana Desf.	41	107
Pyrus communis L.	0	91
Philadelphus coronarius L.	0	86
Betula alba L.	0	71 (237)
Faba vulgaris L. var. equina	37	69
Secale cereale L.	49	42 (25)
Triticum sativum L.	47	32
Avena sativa L.	40	27

Bei jenen Pflanzen, welche auch ich untersuchte, habe ich in Klammern die von mir notirte Zahl beigefügt; in wenigen Fällen ist eine halbwegs erträgliche Uebereinstimmung, die sich freilich verbessert, wenn man nicht die Mittel, sondern die Maxima und Minima, wie wir sie gefunden haben (meine Tabelle VI. und die Werthe der einzelnen Beobachtungen bei Morren) berücksichtigt. Bei Betula alba scheint Morren jedenfalls einen Rechenfehler gemacht zu haben, die von ihm gegebene Zahl ist viel zu gering.

Morren gibt nebstbei eine Zusammenstellung der vor ihm von Krocker, Thomson, Lindley u. A. gemachten Zählungen von Spaltöffnungen, welche er als sämmtlich auf 1 □Zoll reducirt angibt. Durch ein Versehen hat er indess die von Unger u. A. in □Linien angegebenen Zahlen, anstatt mit 144 nur mit 12 multiplicirt, um sie in □Zolle zu verwandeln, so dass ein grosser Theil der dort angeführten Werthe unrichtig geworden ist. Ebenso ist die Oberseite der Blätter bei sehr vielen Pflanzen (Lilium bulbiferum, Agave americana, Pinus halepensis, Portulaca oleracea etc.) als spaltöffnungslos angegeben, wo es nicht der Fall ist, sondern die betreffenden Beobachter nicht die Oberseite, sondern nur die Unterseite der Blätter abgezählt hatten, aber ausdrücklich angaben, auch die Oberseite sei mit Spaltöffnungen versehen. Da überdies auch in den Beobachtern sich Irrungen finden, die Längenabmessungen von Krocker, sowie viele von Hedwig, Krocker, Humboldt, Meyen und Sprengel angegebene Zählungen vermisst werden, glaube ich nicht zu fehlen, wenn ich alle mir bekannt gewordenen Zählungen hier in einer Tabelle beifüge. Man erhält auf diese Art mit den von Morren und mir gemachten Bestimmungen ein Gesammtbild sämmtlicher bis jetzt ausgeführten Zählungen und Messungen. Die verschiedenen Angaben habe ich, um sie mit meinen Tabellen vergleichbar zu machen, sämmtlich auf □mm berechnet, auch habe ich bei jenen Pflanzen, welche Morren oder ich selbst ebenfalls untersuchten, die betreffenden Angaben gleich mit hinzugefügt, um eine Vergleichung auf den ersten Blick zu ermöglichen. Es ist eine solche Vergleichung wohl immer etwas misslich, da gerade hier nur solche Beobachtungen vergleichbar sind und richtige Relativresultate geben, welche nach völlig einerlei Methode gewonnen wurden. Nimmt man z. B. von einer Pflanze die Oberhaut von der Mitte, bei einer anderen von der Spitze und bei einer dritten von der Basis des Blattes, so kann man diese 3 Pflanzen in Hinsicht auf die Zahl ihrer Spaltöffnungen durchaus nicht vergleichen, da bei jeder Pflanze die Zahl der Spaltöffnungen

an der Basis oder der Spitze des Blattes eine ganz verschiedene ist von der, wie sie in der Mitte aufzutreten pflegt. Aus eben diesem Grunde habe ich bei den in diesen Zeilen niedergelegten Betrachtungen die Zählungen Morren's, Krocker's u. A., so verlässlich und sicher ich dieselben auch halte, nicht benutzt, weil ich die Epidermispartie, an welcher sie beobachteten, nicht kenne und daher leicht durch Vergrösserung der Zahl der untersuchten Pflanzen die Verlässlichkeit der Schlüsse hätte verringern können.

Die Mitte der Blattfläche ist, wie ich gefunden habe, am besten zu Zählungen geeignet und ich habe auf beiden Blattflächen stets nur diese benutzt; Basis und Spitze haben oft um das 10fache verschiedene Werthe und deshalb bleibt die Berechnung der Anzahl der Spaltöffnungen für ein s. g. mittleres Blatt immer sehr bedenklich, und ich habe es unterlassen, es zu thun.

Die Längenbestimmungen Krocker's sind die einzigen, welche die Wissenschaft bis jetzt besass; man sieht aus ihnen, dass dem trefflichen Beobachter auch der Umstand bekannt war, dass die Spaltöffnungen neben einander an Grösse nicht selten beträchtlich differiren, ein Umstand, der Rudolphi, trotz der enormen Zahl seiner Beobachtungen, nicht aufgefallen war. Eine Bemerkung über die von den Beobachtern angegebenen Zahlen habe ich mir nur dann erlaubt, wenn die — wohl durch Rechnung herbeigeführte — Unrichtigkeit derselben gar keinen Zweifel zulässt.

Die Quellen endlich, welchen ich die nachfolgenden Daten entnahm, sind die folgenden:

Krocker H., De plantarum epidermide. Vratislaviae 1833, p. 18 ff.
Lindley, An introduction to botany. London 1832.
Thomson, Treatise on vegetable physiology.
Hedwig, Sammlung seiner zerstreuten Abhandlungen. Leipzig 1793, I. Bd. Taf. V.
Unger, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1855, S. 193, 334.
Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie. I. Bd. Berlin 1837, S. 289.
Kieser, Anatomie der Pflanzen. Jena 1815, S. 159.
Humboldt, Einleitung über einige Gegenstände d. Pflanzenphysiologie. 1786.

Von den genannten Werken ist nur das von Thomson, dessen Zählungen in alle populären Handbücher der Botanik übergegangen sind, nicht in meinem Besitze und ich habe seine Angaben den Werken von Jussieu u. A. entlehnt, kann also für die Richtigkeit der-

selben nicht einstehen. Die Bestimmungen von Hedwig sind wohl deshalb völlig unbekannt geblieben, weil er die Zahlen selbst nicht angegeben hat, sondern nur die Zeichnung von $\frac{1}{43}$ □ Linie auf seiner Taf. V (l. c.) für mehrere Pflanzen sich vorfindet. Seine Beispiele sind durchwegs sehr instruktiv gewählt.

	Beobachter	Zahl auf 1 □ mm		Länge einer Spaltöffn.
		Oberseite	Unterseite	
Brassica rapa	Unger	374	717	—
Solanum sanctum	Krocker	0	648	0.021
Citrus aurantium	„	0	591	0.021
Perilla crymoides (Cotyledon)	Hedwig	—	456	0.014—0.027
Phaseolus vulgaris	Kieser	—	416	—
Andromeda pulverulenta	Krocker	0	379	0.023
Scrophularia nodosa	„	0	350	0.025
Olea europaea	„	0	291	0.025
———	Thomson	0	83 [1])	—
———	Weiss	0	625	0.026
Asclepias syriaca	Krocker	0	271	0.023
Betonica grandiflora	„	0	259	0.032
Theophrasta (Jussieui?)	Thomson	0	248	—
——— Jussieui	Weiss	0	228	0.029
Hypericum perforatum	Krocker	0	233	0.034
Pittosporum tobira	Thomson	0	231	—
———	Weiss	0	382	0.031
Hydrangea quercifolia	Thomson	0	231	—
———	Weiss	0	330	0.020
Syringa vulgaris	Thomson	0	231	—
———	Weiss	0	330	0.028
———	Morren	0	227	—
Portulaca oleracea (jung)	Krocker	—	216	0.036
——— (alt)	„	—	27	0.063
Asclepias curassavica	„	0	207	0.034
Gaertnera	Thomson	1	206	—
Juniperus communis	Krocker	0	190	0.055
Prunus laurocerasus	„	0	189	0.025
———	Morren	0	143	—
———	Lindley	0	130	—
Daphne hybrida	Krocker	0	175	0.036

1) Sicher falsch.

	Beobachter	Zahl auf 1 □ mm		Länge einer Spaltöffn.
		Oberseite	Unterseite	
Gladiolus communis	Krocker	ø	162	0.040
Rhododendron ponticum	"	ø	162	0.032
Glaux maritima	"		137	0.034
Viburnum tinus	Lindley	ø	130	—
Lysimachia vulgaris	Krocker	ø	130	0.053
Thuja occidentalis	"	—	118	0.034
Kalmia latifolia	"	ø	118	0.032
Taxus baccata	"	ø	118	0.025
————	Weiss	ø	166	0.045
Cheiranthus incanus (Cotyledon)	Hedwig	—	107	0.042—0.058
Allium cepa	"	—	107	0.033—0.048
Phalaris picta	Krocker	—	106	0.044
Gymnogramme chrysophyllum	"	ø	100	0.055
Clematis viticella	"	ø	97	0.044
————	Weiss	ø	142	0.040
Ilex	Thomson	ø	92	—
Sambucus nigra	"	ø	91	—
Ajuga genevensis	Unger	—	90	—
Zea mais	Krocker	—	82	0.048 [1])
————	Weiss	94	158	0.037
————	Hedwig	—	89	0.037
Viscum album	Weiss	71	75	0.055
————	Thomson	1 auf 3 □ mm	1 auf 3 □ mm [2])	—
Yucca aloifolia	Krocker	—	69	—
Hypericum grandiflorum	Thomson	ø	68	—
Agapanthus	Unger	—	67	—
Cycas revoluta	Krocker	ø	62	—
Hakea microcarpa	"	—	62	—
Cineraria maritima	"	ø	59	0.049
Rheum palmatum	Thomson	1	58	—
Yucca	Lindley	58	58	—
Mesembryanthemum	"	43	58	—
Rudbeckia	Thomson	12	59	—
Lilium bulbiferum	Krocker	—	58	0.076
————	Weiss	ø	62	0.071
————	Sprengel	5	25	—

1) Wohl unrichtig. 2) Sicher falsch.

	Beobachter	Zahl auf 1 □mm		Länge einer Spaltöffn.
		Oberseite	Unterseite	
Lilium bulbiferum	Hedwig	—	120	0.042—0.068
——— (Perigon)	"	—	36	0.029
——— (———)	Weiss	—	16	0.080
Dianthus caryophyllus	Thomson	55	55	—
Begonia discolor	Krocker	ø	54	0.044
Zamia horrida	"	ø	54	0.095
Allium tataricum	"	—	45	0.074
Andromeda speciosa	Thomson	ø	45	—
Amaryllis Josephinae	"	45	45	—
Mitella diphylla	Krocker	—	43	0.038—0.053
Aloë retusa	"	—	43	0.053
Piper maculatum	"	ø	41	—
Agrostemma coronaria	"	—	37	0.038
Pyrus	Thomson	ø	35	—
Veratrum album	Krocker	ø	34	0.072
———	Weiss	ø	40	0.059
Avena sativa	Krocker	—	31	0.063
———	Morren	40	27	—
———	Weiss	48	27	0.060 (Obers.)
Mesembryanthemum cordifolium	Krocker	—	31	0.042
Philadelphus coronarius	Thomson	ø	29	—
———	Morren	ø	86	—
Cobea scandens	Thomson	ø	29	—
Rumex acetosa	"	12	29	—
Hyacinthus non scriptus	Humboldt	—	29	—
——— (beim Stengel)	"	—	15	—
Alstroemeria	Lindley	ø	29	—
Aloë	"	36	29	—
Crinum amabile	"	29	29	—
Agave americana	Krocker	—	27	0.059
———	Humboldt	—	11	—
———	Meyen	—	23	—
Sempervivum urbicum	Krocker	ø	27	0.038
Adiantum tenerum	"	ø	27	0.034
Eucomis punctata	"	—	25	0.055
Bulbine frutescens	"	—	25	0.038
Crassula cultrata	"	—	25	0.032

	Beobachter	Zahl auf 1 □ mm		Länge einer Spaltöffn.
		Oberseite	Unterseite	
Arum dracontium	Thomson	12	24	—
Paeonia	"	ø	20	—
Vitis vinifera	"	ø	20	—
———	Morren	ø	156	—
———	Weiss	ø	—	0.021
Tussilago farfara	Thomson	2	18	—
Cactus speciosus	Krocker	—	18	0.042
Iris germanica	Thomson	17	17	—
———	Weiss	65	58	0.045
Vanilla planifolia	Krocker	—	16	0.044
Aloë rigida	"	—	16	0.055
Cotyledon fascicularis	"	—	14	0.038
Crassula ciliata	"	—	13	0.053
Cotyledon arborescens	"	—	13	0.025
Aloë mitriformis	"	—	12	0.057
Tradescantia discolor	Sprengel	—	12	—
Arum dracunculus	Krocker	—	11	0.065
Aloë nigricans	"	—	10	0.065
Sempervivum tectorum	Thomson	15	9	—
Epidendrum	"	ø	7	—
Daphne mezereum	"	ø	6	—
Pinus abies	Krocker	—	5	0.053
———	Weiss	88	81	0.052
——— halepensis	Krocker	—	4	0.078
Tradescantia	Thomson	3	3	—
Sium angustifolium	Unger	144	2	—
Nymphaea coerulea	Krocker	460	ø	0.025
Victoria regia	Unger	374	ø	—
Potamogeton natans	"	134	ø	—
Alisma plantago	Krocker	29	—	0.046—0.070
———	Thomson	17	9	—
Cactus spinosissimus (Axe)	Lindley	22		—
Stapelia (Axe)	"	22		—

Zum Schlusse erübrigt mir nur noch meinem lieben Bruder, dem Observator der Wiener kais. Sternwarte, Dr. Edmund Weiss, meinen herzlichsten Dank für seine thätige Hilfe bei dieser mühevollen Arbeit zu sagen. Er war so freundlich fast alle Reduktionen und Berechnungen meiner Beobachtungen auszuführen.

Die Befruchtung und Entwicklung der Gattung Marsilia.

Von

Johannes Hanstein.

Die Kenntniss von der Zeugung und Entwicklung der Gefässkryptogamen hat sich in neuerer Zeit über die Mehrzahl ihrer Formen ausgedehnt. Unter den noch rückständigen war die Gattung Marsilia, die, schwer zugänglich, sich der Beobachtung in diesen Vorgängen bisher entzogen hatte. Endlich boten ein Paar neuholländische Arten derselben die gewünschte Gelegenheit, diese Lücke im Wesentlichen auszufüllen.

Gegen Ende des Jahres 1861 waren durch Herrn Alex. Rose aus Melbourne 6 Früchte einer der Marsilia-Arten eingesandt, die von den Eingebornen Neuhollands unter dem Namen „Nardoo" gegessen werden [1]). Ein Paar derselben, zu Keimungsversuchen benutzt,

---

1) Vergl. Monatsberichte der Berliner Akademie d. Wiss. 1862, S. 103. Diese 6 Früchte hatte Herr Alex. Rose, der sich damals in Melbourne aufhielt, Ende 1861 aus den Resten der Nahrungsvorräthe erhalten, mit denen bei dem unglücklichen Ausgang der Burke'schen Expedition im Inneren Neuhollands einige Mitglieder derselben ihr Leben Monate lang gefristet, und durch die Burke und Wills das ihrige vergeblich zu erhalten versucht hatten. Sie erwiesen sich als einer noch nicht bekannten Art (M. salvatrix) angehörig, die den Schilderungen der Reisenden nach in der Gegend von Coopers Creek besonders verbreitet sein muss. Aus derselben Gegend stammen die von Herrn Osborne an Herrn Professor Braun mitgetheilten Früchte dieser selben Art, während derselbe zugleich die einer anderen Art, M. Drummondi A. Br., aus der Gegend zwischen dem Darlings River und dem Coopers Creek überbrachte. Wieder von einer anderen Oertlichkeit sandte der Director des botanischen Gartens zu Melbourne, Dr. Ferdinand Müller, Früchte, die einer anderen neuen Art, M. elata A. Br., angehören und von Mac Kinlay und seinen Gefährten gesammelt sind. Aus den nun genauer bekannt gewordenen verschiedenen Reiseberichten geht hervor, dass wohl sehr mannigfache Marsilien-Arten auf den sumpfigen Landstrichen des inneren Neuhollands und

boten in Bezug auf die erste Entfaltung und Entwicklung manche neue Erscheinung dar, gelangten indessen nicht weiter, als zu einer steril bleibenden Wucherung des Vorkeims. Durch die Herren Osborne und Ferd. Müller gingen jedoch neue Mittheilungen von Früchten derselben und verwandter Arten von Marsilien ein und wiederholt damit angestellte Keimungsversuche haben mir ausreichende Gelegenheit verschafft, die Befruchtung und Entwicklung der Gattung bis zur vollständigen Ausbildung der jungen Pflänzchen zu beobachten.

Es sei gestattet, den Bericht hierüber durh kurze Anführung der Ergebnisse jener ersten unvollständig gebliebenen Beobachtungen, obschon dieselben anderen Orts ausführlicher mitgetheilt sind, zu vervollständigen, und zwar um so mehr, als sie durch die wiederholten neueren Versuche bestätigt sind.

Die Fruchtbehälter der Marsilien öffnen sich sehr schwer und zumal die von M. salvatrix haben sich bisher selbst nach wochenlangem Liegen in Wasser niemals von selber aufgethan; vielmehr hat es dazu stets einer Nachhülfe bedurft, um das Eindringen des Wassers durch die stark verholzte und ausnehmend harte Schale zu vermitteln. Macht man zu dem Zweck an der Bauchkante der Fruchtbehälter einen kleinen Ausschnitt, nicht tiefer als eben durch die hol-

zwar in sehr grosser Menge, oft ganze Flächen dicht überziehend vorkommen, wo sie vermuthlich zur Zeit der Befruchtung unter Wasser, während der Fruchtbildung dagegen trocken und zugänglich stehen. Der reiche Gehalt an Stärke, Schleim, Proteïn und Oel macht die Nahrhaftigkeit der Früchte erklärlich. Einige derselben sind von Al. Braun schon im vorigen Jahre (vgl. Monatsberichte der Berliner Akademie 1863, S. 413) beschrieben und neuerdings (vgl. a. a. O. 1864 Sitzung v. 3. November) nach erneuten Culturversuchen und Zusendungen getrockneten Materials revidirt, und durch noch andere abweichende vermehrt worden. Eine durch ausnehmend lange Fruchtstiele ausgezeichnete Art (M. elata) ist aus einer in diesem Frühjahr im hiesigen Universitätsgarten ausgeführten Aussaat in grosser Menge erwachsen. Acht Aussaaten, die ich vom Juli 1863 bis März 1864 in meinem Zimmer gemacht habe, lieferten das Material zu den vorliegenden Beobachtungen. und bestanden mit Ausnahme der letzten, die vermuthlich auch M. elata war, vorzugsweise in Früchten von M. salvatrix und einigen von M. Drummondi. Diese sowohl wie andere vom Herrn Prof. A. Braun gemachte Aussaaten lieferten die jetzt in unseren botanischen Gärten hier reichlich fructificirenden Exemplare dieser Arten. Sogar in meinem Zimmer haben sich Pflanzen von M. Drummondi, im vorigen Sommer erzogen, in diesem Jahre dicht mit Früchten bedeckt. Es bleibt übrigens noch zweifelhaft, ob die uns zugegangenen Früchte nicht noch andere Arten bergen, was erst durch fernere Culturen festgestellt werden wird. Für die Beobachtung der Entwicklungsgeschichte ist es jedoch unerheblich, ob etwa unter den genannten Arten sich auch Keime noch anderer befänden, da die Entwicklung so übereinstimmend erscheint, dass die Keime bisher nicht immer genügend erkannt und sicher benannt werden konnten.

zige Schale hindurch, so dass der hellgelbe Inhalt an einer Stelle sichtbar wird, so dringt das Wasser ein und bewirkt das Oeffnen des Fruchtbehälters in einer Viertel- bis halben Stunde, im günstigen Fall schon in einigen Minuten. Schon in den Jahren 1834 u. 35 hatte A. Braun[1]) beobachtet, dass beim Oeffnen der Klappen der Früchte von M. pubescens (welche er schon damals als Theil des Blattes erkannte) die Sporenschläuche oder Sori mittelst eines gallertartigen wurmförmigen Körpers hervorgestreckt werden. Esprit Fabre[2]) hatte unabhängig davon zu gleicher Zeit ausführliche Beobachtungen über die Keimung derselben Pflanze gemacht, und den eigenthümlichen Sorenträger in Ringgestalt hervorquellen und sich dann auseinanderthun sehen und schildert den ganzen Apparat, so weit die Loupe reichte, möglichst genau.

Es liegt nämlich im Inneren der Fruchtschale rings um den Umfang[3]) derselben ein knorpeliges Zellgewebe, welches einen geschlossenen Ring bildet, dessen Zellen im Ruhezustand der Frucht mit vielfach gefalteten Wänden eine eng zusammengepresste Masse darstellen und einen farblosen Stoff der Cellulose-Gruppe enthalten, der durch Wasser zu einem klaren structurlosen Schleim aufquillt, welcher die Zellen, in denen er liegt, aufbläht und das ganze Gewebe zur Entfaltung bringt. (Siehe a. a. O. Fig. 23—25.)

Legt man mithin eine in erwähnter Weise gekerbte Frucht in Wasser, so bringt dies zunächst durch Aufquellen des vorderen Halbringes dieses Gewebes die Fruchtklappen zum Klaffen (Fig. 4), gelangt so zum hinteren Halbring, der an sich massiger, viel stärker aufschwillt, sich herausstreckt (Fig. 5, 6) und die Sori, die ursprünglich zwischen beiden Halbringen ausgespannt sind, schliesslich vom vorderen abreisst und dadurch zugleich öffnet (a. a. O. Fig. 7). Bei völliger Ruhe des Vorganges tritt stets der vollständige Ring in die Erscheinung (Fig. 7) und bleibt oft Tage lang unverletzt, so dass dieser die normale Gestaltung des gallertartigen Sorenträgers ist.

---

1) A. Braun, Flora 1839, p. 298. Abgebildet in der Exploration scientifique d'Algérie, Bot. pl. 38 f. 21—32.

2) Esprit Fabre, Sur la structure etc. de Marsilia, mitgetheilt von F. Dunal, Annales d. sc. nat. 1837. S. II T. VII p. 221—232, pl. 12, 13.

3) Ich verweise hier auf die oben erwähnte ausführliche Darstellung dieser Structurverhältnisse (Monatsberichte u. s. w.) und auf die dort gegebenen Abbildungen, als Vervollständigung zu den hier gegebenen, da eine Wiederholung des Wichtigen davon hier nicht statthaft war, weil schon auf dem verwendbaren Raum von der zur Veranschaulichung wohl erforderlichen grösseren Zahl von Abbildungen nur die nothwendigste Auswahl mitgetheilt werden konnte.

Durch zu gewaltsames Sprengen der Fruchtklappen jedoch zerreisst er leicht an der schwächeren Vorderseite und bildet dann die häufiger beobachtete Wurmgestalt (Fig. 2). Zuerst wächst der Gallertring schnell, aber noch stundenlang fährt er später langsam sich zu dehnen fort, und erreichte in den von mir beobachteten Fällen zuletzt, etwa in höchstens einem halben Tage, einen Umfang von 80—120^{mm}, so dass er sein ursprüngliches Volumen um mehrere Hundert Mal übertrifft. Im warmen Wasser geschieht das Quellen und Oeffnen der Früchte etwas schneller und der Ring scheint etwas grösser zu werden[1]) (a. a. O. Fig. 2, 7).

Während das Wasser Zutritt in das Innere der Soren[2]) gewinnt, quellen die Schleimhüllen der beiderlei Sporen und drängen dieselben aus der beim Abreissen vorn entstandenen Mündung der Fruchtschläuche hervor, die Reste der Sporangien selbst meist im Inneren zurücklassend. Einzelne Sporen kommen zuweilen schon zeitig hervor; in einem Fall sah ich die ersten schon etwa 6 Stunden nach der Aussaat des Fruchtbehälters (d. h. nach dessen Kerben und Einlegen in Wasser) erscheinen. Durchschnittlich fand das Austreten der Mehrzahl etwa 12—18 Stunden nach der Aussaat statt. Die letzten Sporen, besonders männliche, bleiben oft ganz und gar in den Sorenhüllen (Indusien) eingeschlossen. Gelangen die Mikrosporen schnell genug heraus, und lässt man das Gefäss, in dem der Gallertring sich ausgebreitet hat, unbewegt stehen, so sieht man dieselben sich gruppenweis an der Oberfläche des Wassers oberhalb der Sorenmündungen sammeln, wo sie so lange schwimmend verharren, als ihre Gallertsphäre noch nicht aufgelöst ist. Dann sinken sie zu Boden, auf dem auch die Mehrzahl der Makrosporen sich lagert, und der stellenweis von beiden dicht bedeckt erscheint.

Die Entwicklung im Inneren der Sporen[3]) beginnt wenige Stunden nach der Aussaat. In der fünften Stunde fand ich sie schon in

---

1) Jene erste von mir untersuchte Frucht entfaltete ihren Inhalt und entwickelte Vorkeime, obwohl sie ¼ Stunde lang gekocht war. Siehe a. a. O.

2) Das jetzt fischrogenartige Aussehen der Soren veranlasst Dunal bei Besprechung der Beobachtungen von E. Fabre auf die zugleich stattfindende Aehnlichkeit der freien Sporenbefruchtung dieser Wasserpflanzen mit der Befruchtung des Fisch- und Froschleichs hinzuweisen. (Ann. sc. nat 1837, 230.)

3) Das Folgende ist im Auszug mitgetheilt in den Monatsberichten der Berliner Akademie 1864. S. 576 (Aug. 6.). Die Entwicklung und Bildung der Spermatozoiden, sowie die allgemeinen Erscheinungen der Keimung ist in der 38. Naturforscherversammlung zu Stettin, Bot. Sect., Sept. 22. 1864 mitgetheilt; vgl. „Amtlicher Bericht“ etc. S. 125.

den Mikrosporen in vollem Gange, und 14—18 Stunden genügten durchschnittlich zur vollständigen Ausbildung der Spermatozoiden. Die Makrosporen werden etwas später thätig.

1. Bildung der Spermatozoiden.

Die Entwicklung der beiderlei Sporangien und Sporen bis zu ihrer Reife sowie die Structur derselben sind schon länger bekannt [1]); nicht so die Erzeugung der befruchtenden Samenfäden aus denselben. Die Schwierigkeit, sich keimfähige Sporen der Marsiliaceen zu verschaffen, hat den Wunsch Nägeli's, des Entdeckers der Farnen-Spermatozoiden überhaupt, für diese Familie selbst in fast 20 Jahren nicht in Erfüllung gehen lassen.

Die Mikrospore der Marsiliaceen wird ohne weitere Zwischenbildung selbst zum Antheridium. Schon C. Müller Hal. [2]) hatte die Mikrosporen von Pilularia sich öffnen sehen und glaubt, dass sie befruchtenden Stoff durch die Schleimhülle der Makrosporen senden.

Nägeli [3]) beobachtete das Aufbrechen der Mikrosporen oder Pollenkörner von Pilularia genauer. Das herausquellende Endosporium spricht er nach Schleiden'scher Anschauung zunächst für einen Pollenschlauch an, sieht jedoch die Zellen und Stärkekörner darin. Er sah dann die Mutterzellen der Samenfäden, diese selbst mit ihrem Zellanhang und den kleinen Stärkekörnchen in diesem. Er sah sie sich bewegen und frei werden, doch ertappte er sie nicht beim Ausbrechen aus den Mikrosporen noch beim Eindringen in das Archegonium, obwohl er jenes vermuthete und ihre befruchtende Function als wahrscheinlich nachwies.

Hofmeister [4]) beobachtete, bei derselben Pflanze, wie die Mutterzellen der Samenfäden aus der Mikrospore austreten und erblickte

---

1) Vgl. Bischoff, Die cryptog. Gewächse p. 63 etc., Rhizocarpeen. — Mettenius, Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen, Frankf. 1846; Beiträge zur Botanik 1850. — Hofmeister, Vgl. Untersuchungen über Keimung der höheren Cryptogamen etc. Leipzig 1851, p. 107 etc. T. 22 f. 22—31. — Nägeli, Fortpflanzung der Rhizocarpeen in Schleiden u. Nägeli's Zeitschr. f. wiss. Bot., Hft. 3 u. 4 p. 293 und a. a. O. — Vgl. auch Hanstein, Monatsber. d. Berl. Akad. 1862, p. 103 u. s. w., Fig. 8, 9, 13, 15.

2) C. Müller (Hal.), Flora 1840, II. S. 35 Tf. 1. — Botanische Zeitung 1847, S. 774 etc.

3) Nägeli a. a. O. S. 199 etc.

4) Hofmeister, Vergl. Untersuchungen S. 105 Tf. 21 F. 7; Beiträge zur Kenntniss d. Gefäss-Kryptogamen II. S. 680 Tf. 13 F. 33—38

einen im Archegoniumhalse steckend. Von den männlichen Sporen von Marsilia war bisher noch nichts Aehnliches bekannt. Die Entwicklung der Befruchtungsorgane dieser Gattung geschieht allerdings auch mit solcher Schnelligkeit, dass bei einmaligem Versuch einem leicht die wichtigsten Vorgänge entgehen können. Bei wiederholter Beobachtung gewinnt man jedoch leicht ein vollständiges Bild davon.

In allen farnenartigen Pflanzen bietet die Ermittelung der Entstehung der Spermatozoiden und ihrer Zellen wegen der oft geringen Durchsichtigkeit ihrer Behältnisse Schwierigkeiten. Auch bei Marsilia verhindert das dicke Exosporium der Mikrosporen eine directe Beobachtung.

Der Inhalt der reifen Mikrosporen besteht aus Stärkekörnern, die von schleimig körniger Proteïnsubstanz, mit Oeltröpfchen vermengt, umgeben sind. Um die Stärkekörner erkennen zu lassen werden sie bisweilen schon in Glycerin, hin und wieder sogar schon in Wasser durchsichtig genug, und beim Zerdrücken tritt der gesammte Inhalt hervor (a. ob. a. O. Fig. 13 a). Auch nimmt man später schon auf diese Weise wahr, dass allmählich an die Stelle der Stärkekörner eine Ausfüllung mit rundlichen Zellen tritt. Um aber das Zustandekommen von diesen zu erkennen, ist eine grössere Durchsichtigkeit erforderlich. welche man jedoch durch Behandeln der Mikrosporen mit Kalilösung bewirken kann.

Schon etwa vier Stunden nach der Aussaat findet man den ganzen inneren Raum der kleinen Sporen von einem gleichmässigen Plasma erfüllt, während sich nur in einer nahe der Sporenhaut gelegenen Sphäre einzelne Stärkekörner unversehrt erhalten. Giebt man einen Tropfen Kalilösung von gewöhnlicher Concentration auf die Sporen, und lässt ihn eine Zeitlang einwirken, so findet man von jetzt ab, dass von vielen derselben die Exosporien plötzlich bersten, und die Endosporien unverletzt mit ihrem Inhalt austreten lassen. Ausserhalb runden sich dieselben schnell wieder ab, und schwimmen nun als durchsichtige rundliche Körper in der Flüssigkeit. Ersetzt man das Kali allmählich durch reines Wasser und dies durch Glycerin, so kann man die so gewonnenen Präparate aufbewahren. Das Plasma ist nun durch die Einwirkung des Kalis zu einer völlig klaren stark lichtbrechenden Gallerte aufgelöst, während rings um dieselbe die noch erhaltene frühere Inhaltsmasse eine wolkige Schicht bildet.

Nach 4½ Stunden sah ich die Plasmamasse in 2 Halbkugeln getheilt, die durch eine scharfe aber durchaus einfache Begrenzungslinie von einander und von der umgebenden Inhaltsmasse geschie-

den waren. Die Umfangslinie ist nicht völlig glatt und regelmässig, offenbar durch den exosmotischen Einfluss des Kalis beeinträchtigt. (Taf. X Fig. 3.) Man kann sich deutlich überzeugen, dass keine Bildung zweier fertiger Zellen, sondern nur eine Theilung des Plasmas in zwei hemisphärische Hälften stattgefunden hat.

Diese Theilung wiederholt sich so schnell, dass ich um dieselbe angegebene Zeit mit den zweigetheilten auch schon viertheilige Plasmamassen (Fig. 4) austreten sah, bei denen eine zweite Theilungsebene senkrecht durch die erste entstanden war In diesen Fällen ist dann die frührere Trennungsebene jetzt bisweilen zu einer breiteren Furche erweitert.

Etwa zwei Stunden später hatte eine dritte Theilung abermals senkrecht auf die beiden früheren stattgehabt und die Plasmamasse war in regelmässig gelagerte Kugel-Achtel zerlegt, wie sie Fig. 5 noch innerhalb eines durchsichtig gewordenen Exosporiums in unveränderter Lage zeigt. Noch immer ist von Entwicklung einer Zellwand nichts wahrzunehmen.

Jetzt setzt sich die fernere Theilung in den einzelnen Achteln derart fort, dass jeder sich durch geneigte Trennungsflächen in vier Plasmaportionen zerlegt, die in tetraëdrischer Anordnung zu einander gelagert sind. Schon 10 bis 11 Stunden nach der Aussaat fand ich nicht allein diesen Process gänzlich vollendet, sondern es zeigten sich auch nun die entstandenen 32 Plasmaportionen von deutlichen Zellhäuten, durch doppelte Conture alsbald kenntlich, umgeben.

Um diese Zeit, nahe vor der völligen Vollendung der Spermatozoiden, gelingt das Austreiben der Endosporien aus ihren Sporen vorzüglich gut, und die im Wasser schwimmenden glashellen Kugeln, die in ihrem Inneren 32 kleine kugelähnliche ebenfalls völlig durchsichtige Zellchen in ganz regelmässiger Anordnung zeigen, gewähren einen überraschend zierlichen Anblick. Das Kali löst freilich den gesammten Plasmainhalt der Zellen zu klarer Flüssigkeit auf, so dass man über dessen Natur auf diese Art nichts erfährt; um so deutlicher jedoch wird das Gesetz der Theilung und Anordnung.

Fig. 7 (Taf. X) zeigt ein solches Endosporium, von seinem Exosporium zum kleinen Theil noch bedeckt und zwar *a* in oberer, *b* in tieferer Einstellung des Mikroskopes abgebildet, so dass man dort die obere Halbkugel, hier die untere zu Gesicht bekommt, deren jede 4 regelmässig wie die Kugeloctanten gelagerte Zellgruppen von je vier tetraëdrisch geordneten Zellen enthält. Fig. 8 zeigt ein an-

deres Endosporium mit so viel seiner Inhaltszellchen, als man bei Beschauung von oben und nur unbedeutender Accommodation des Mikroskops, ziemlich auf einmal, überblicken kann; es sind deren 24. In Fig. 9 sind einige Vierlingsgruppen isolirt dargestellt. Diese 32 Zellen sind die Mutterzellen der Spermatozoiden.

Wir haben hier mithin das Beispiel einer Plasmatheilung von seltener Regelmässigkeit, welcher die Gattung Marsilia in interessanter Weise unter den näheren und ferneren Verwandten auszeichnet. Es ist keine wiederholte Theilung succedan auftretender vollendeter Zellgenerationen, sondern eine Zerlegung des gesammten Plasmas in gleichwerthige Theile, die dann alle zugleich zur ersten fertigen Generation werden.

Pringsheim sah den Inhalt jeder Antheridienzelle von Salvinia natans sich in 4 Portionen theilen [1]), deren jede sich beim Austreten des Ganzen in ein Spermatozoid umwandelte. Hofmeister sah die kleinen Sporen von Isoëtes in sich durch Theilung des „Primordialschlauches" je 2 bis 4 Tochterzellen — die Spiralfaden-Mutterzellen — bilden [2]). Schacht [3]) „glaubt beobachtet zu haben", dass diese Zellen bei den Polypodiaceen zu je vieren in einer Mutterzelle im Inneren des Antheridiums entstehen, das im Ganzen eine unbestimmte Zahl derselben entlässt. Auch in seiner neuesten Schrift hierüber [4]) giebt er eine nähere Entstehungsweise nicht an, und sonst wird von allen übrigen Beobachtern nur berichtet, dass sich die Spermatozoid-Mutterzellen in unbestimmter Zahl in den Antheridien der Farne (im weitesten Sinne des Namens) entwickeln. Im Gebiet des Fortpflanzungsprocesses der Algen kommen jedoch mehr oder weniger ähnliche Theilungen des plastischen Inhalts von Mutterzellen zu zahlreichen regelmässig angeordneten Zellkörpern vor, die dann alle zugleich zu Zellen werden.

Ueber die Entstehung des Spermatozoids selbst in seiner Mutterzelle geben nun allein die wenigen Fälle einigen Aufschluss, in denen Glycerin oder Wasser das Exosporium genügend durchsichtig machen. Man erblickt dann (X, 6) die Mutterzellen klar und durchsichtig innerhalb einer peripherischen Schicht, in der einzelne Stärkekörner liegen (X, 6, 11, am). In jeder Mutterzelle ist

1) Pringsheim, Zur Morphologie der Salvinia natans, Jahrb. f. wiss. Bot. III S. 511.

2) Hofmeister, Beiträge zur Kenntniss der Gefäss-Kryptogamen I, S. 129.

3) Schacht, Anatomie und Physiologie II, S. 261.

4) Schacht, die Spermatozoiden im Pflanzenreiche. Braunschw 1864.

ein rundlicher körnig-massiger Körper so gelagert, dass die vier Körper von je vier tetraëdrisch vereinten Zellen gegen einander gekehrt sind, wie dies der abgebildete Fall von den 16 oberen Zellen einer Mikrospore, deren Inhalt fast reif ist, sichtbar macht. Der Vergleich mit den ganz reifen Spermatozoid-Zellen, wie sie austreten, lehrt, dass diese kugeligen Körper die entstehenden Spermatozoiden selbst sind, die, da sonst ein dichterer Körper in den Zellen nicht wahrnehmbar ist, die Zellkerne in sich bergen mögen. (Freilich bleibt dann die Bedeutung der kernähnlichen Körperchen in den mit Kali behandelten Zellen (Fig. 9) zweifelhaft.) Ein Spermatozoid noch in seiner Mutterzelle eingeschlossen mit Jod getödtet ist Fig. 18 abgebildet.

Im günstigen Fall kann man sehen, dass ausser den 32 Zellen, ringsum in der Umgebung derselben, noch andere verschieden grosse und verschieden gestaltete Zellen zur Entwicklung gelangt sind, die mehr oder weniger von den übrig gelassenen Stärkekörnern einschliessen; vermuthlich Bildungen aus dem Ueberschuss des Plasmas ohne ersichtlichen Zweck. Beim Zerdrücken fast reifer oder dem freiwilligen Oeffnen reifer Mikrosporen erblickt man sie oft in grösserer Zahl, und nach dem Ausschwärmen finden sie sich in dem Endosporium zurückgelassen (I, 10, 12 amz).

2. Das Ausschwärmen.

In einem Fall sah ich das Aufbrechen der Mikrosporen schon in der 17. Stunde beginnen (Fig. 11). Sonst trat es im Mittel 18—20 Stunden nach der Aussaat ein, d. h. einige Zeit vor der vollendeten Empfängnissreife der Vorkeime. Man sieht nun das Exosporium in seinen natürlichen Kanten klappig aufspringen und die Innenhaut hervorquellen oder ganz heraustreten und sich wieder zur Kugel abrunden[1] (I, 10, 11). Schon wirbeln darin die Schraubenfäden lebhaft umher, theils noch eingeschlossen, theils aus den Mutterzellen schon ausgeschlüpft, nachdem diese aus ihrer Ordnung gebracht sind. Sehr häufig durchbrechen sie das Endosporium, bevor es ganz herausgetreten ist, was dann oft überhaupt nicht mehr geschieht. Dabei werden häufig leere und noch volle Mutterzellen zugleich mit freien Schwärmern entleert. Zuweilen sieht man auch die gesammten 32 Zellen noch in ungestörter regelmässiger Anordnung aus der Sporen-

1) Als „wasserhelle Bläschen" von Pilularia schon von Mettenius bemerkt, Rhizocarpeen S. 36, ohne dass sie sich entleert hätten.

haut treten, und dann wohl erst in zwei Halbgruppen zu 16 zerfallen, bevor nun ein rapides Ausschwärmen beginnt. Bald befreien sich alle Spermatozoiden schnell nach einander, so dass binnen wenigen Sekunden sämmtliche Mutterzellen entleert und in Ruhe sind, bald ringen einzelne lange nach ihrer Befreiung, und setzen dabei die benachbarten Zellen noch mit in Bewegung. Wie sie die Zellwand ihrer Mutterzelle durchbrechen, ist bei der Schnelligkeit der ganzen Action nicht deutlich zu sehen; jetzt schwingt der Schraubenfaden noch im Inneren und jetzt ist er draussen und schiesst pfeilgeschwind aus dem Gesichtsfeld, die leere und sich alsbald, oft ohne sichtbaren Riss wieder abrundende Mutterzelle (Fig. 13) zurücklassend. Auch an den Endosporien ist oft die Oeffnung, aus der das Austreten stattgefunden, kaum mehr aufzufinden. Sie bleiben endlich, noch einen Rest unverbrauchter Stärkekörner und anderer Inhaltsstoffe, auch wohl noch einzelne nicht zur Freiheit gelangte und noch matt wirbelnde oder zur Ruhe gekommene Spermatozoiden enthaltend, mehr oder weniger zusammengefallen zurück (1, 12).

So lange die Spermatozoiden noch in ihren Mutterzellen eingeschlossen sind, erkennt man von ihrer Bildung nichts weiter, als einen eng gewundenen Schraubenfaden und ein Häufchen rundlicher Körner dahinter, welche mit jenem in immer lebhaftere Drehung gerathen. Ins Freie gelangt zeigen diese Körper nun eine sehr eigenartige Bildung (Fig. 14). Der feine fadenartige Theil derselben hat 12—13 Windungen, deren vordere völlig die Gestalt eines Korkziehers besitzen und in eine sehr feine Spitze auslaufen, deren mittlere und hintere mit sehr langen zahlreichen Wimpern besetzt sind, und deren letzte Windungen sich plötzlich erweitern, etwas verdicken und so in eine verhältnissmässig grosse kugelrunde Zelle übergehen, die in klarer Flüssigkeit eine grosse Zahl kleiner rundlicher Stärkekörnchen enthält. Die Windungen sind nicht immer gleich gedreht, der Mehrzahl nach scheinen sie jedoch rechtsdrehend zu sein[1]).

In Rücksicht auf die Bedeutung dieser Zelle ist der hier so klar und übersichtlich verlaufende Vorgang des Ausschwärmens besonders instructiv. Bekanntlich sind bisher die verschieden gestalteten Anhänge der Spermatozoiden bei den farnenartigen Gewächsen meist als Reste ihrer Mutterzellen oder als diese selbst angesprochen, ob-

1) Bei der Zeichnung mittelst des Prismas erhält man Spiegelbilder, also Rechts- und Linksdrehung vertauscht.

wohl schon Thuret[1]) dieselben bei den Polypodiaceen und Equisetaceen als Theil des Schwärmfadens selbst auffasst. Bei Marsilia sieht man deutlich aus der frei im Wasser liegenden Mutterzelle sich den Schraubenfaden, eine besondere Zelle nachschleppend, herausarbeiten. Jene bleibt ihres ganzen Inhalts beraubt leer zurück (I, 11, 13), diese aber, den Mutterzelleninhalt mit fortführend, ist ein integrirender Theil des Spermatozoids selbst, eine selbständige Tochterzellenbildung. Das Verhältniss beider Gebilde ist hier so durchsichtig, dass man nicht allein keinen Augenblick über seine Deutung für den vorliegenden Fall in Zweifel bleiben kann, sondern von ihm aus die Erscheinungen in den verwandten Familien analog erklären muss. Und so war es mir sehr erfreulich, die hier gewonnene, von der sonst geltenden abweichende Anschauung durch die neuerdings veröffentlichten vortrefflichen Beobachtungen Schacht's, — die leider zu seinen letzten gehören, — auf's Allgemeinste bestätigt zu sehen, indem er auch an den von der gewöhnlichen Zellform viel mehr abweichenden Spermatozoiden die Zellnatur erkennt und deutlich nachweist. Die Marsiliaceen gerade waren ihm nicht zugänglich gewesen.

Die Elasticität der Umrisse, und die damit zusammenhängende Wandelbarkeit der Gestalt, die Schacht zumal an den Samenfäden von Equisetum beobachtet hat, ist in gleichem Maasse denen von Marsilia nicht eigen. Nicht allein ihr Schraubenfaden bewahrt seine Gestalt, bis zuletzt, wo er sie dann in den letzten heftigen Schwingungen oft vielfach verändert, sondern auch die kugelige Zelle verharrt in dieser Form.

Wie die letzte Windung der Schraube in die Zelle selbst übergeht, war mir bei der ausnehmenden Feinheit des Gegenstandes klar zu sehen nicht möglich geworden. Es schien oft, als legte sie sich ins Innere derselben hinein. Jetzt halte ich jedoch mit Schacht dafür, dass sich hier wie bei den anderen Verwandten der Faden unmittelbar zu dem grösseren Zellraum erweitert, und mithin die Höhlung des letzten in den fadenförmigen Theil, so fein dieser auch sei, fortsetzt, zumal da sonst an einem einfachen und soliden Fadenkörper schon die starke und selbständige Vitalität, die derselbe hier beweist, dem Verständniss schwer fallen muss.

Eine Zellhaut aus Zellstoff lässt sich freilich hier so wenig wie in den von Schacht untersuchten Fällen nachweisen. Der

1) Thuret, Recherches sur les anthéridies des Cryptogames, Ann. d. sc. nat. S. III T. 16 p. 22 u. 30.

Schraubenfaden wird durch Jod nebst seinen Wimpern gelbbraun gefärbt und die Zellkugel zeigt bei ihrer grossen Feinheit um so weniger eine recht deutliche Färbung, als die Stärkekörnchen bald stark gebläut erscheinen, und also benachbarte schwächere Färbungen für die Wahrnehmbarkeit unterdrücken. Aber dennoch ist die zarte Wand der Schwärmzelle so scharf gezeichnet und so widerstandsfähig, dass sie als wirklich feste von dem dünnflüssigen Saft im Inneren geschiedene Membran leicht zu erkennen ist. Ich kann sie daher nicht mit Schacht eine Plasma-Hülle nennen. Denn „Plasma" bedeutet einen formbaren, nicht festen Stoff, der noch in verschiedene Gestalt gebracht werden kann, und erst zur Bildung von wirklich gestalteten Dingen bestimmt ist. Man darf unter dieser Benennung, die man jetzt mehrfach in zu ausgedehnter Weise gebraucht, nur die schleimigkörnigen im Ganzen noch formlosen Inhaltsmassen der Zellen und Zellgewebe verstehen, die zum Verbrauch für die Neubildungen vorbereitet sind, gleichviel, ob sie nur aus Proteïnsubstanz bestehen, oder auch Amyloidstoffe einschliessen. Aber schon gestaltete Membranen sind kein Plasma mehr und die — vielleicht doch nur scheinbare — Zellstofflosigkeit derselben ist kein Grund dafür, sie so zu nennen. Die Spermatozoiden der Marsilia besitzen unzweifelhaft, und sicher eben so alle anderen, eine, wenn auch noch so elastische, so doch gestaltete und von dem Inhalt differente Membran, — mag man diese nun als Primordialschlauch ansprechen wollen, oder sie vielleicht besser, da sie ja für diese Organe sowohl die letzte als erste Haut ist, einfach „Proteïnhaut" nennen, — und sind eben auch nur desshalb fertige und genügend individualisirte Zellen [1]). Wirkliche nackte Plasmaklümpchen aber sind nur Zellanfänge.

Die Spermatozoiden der Marsilien sind, wie gesagt, nicht alle nach derselben Seite gewunden. Die Drehung scheint der Windung homodrom zu sein, obgleich dies bei der grossen Feinheit der Körper und Schnelligkeit ihrer Bewegung schwer genau zu erkennen ist. Nach der Befreiung aus ihren Mutterzellen schwimmen sie normal mit der Spitze voran. Die Wimpern sind dabei in einer zierlichen Curve nach oben gekrümmt, überragen zum Theil die Spitze, und wirbeln in dieser Richtung auf das schnellste. So sehen die Schwärmer fast spinnenähnlich aus. Fig. 14a (X) ist während der Bewegung gezeichnet, 14b–e mit Hülfe des Prismas nachdem sie zur Ruhe

1) Ich erinnere an Pringsheims Beobachtungen an den Algen-Schwärmsporen, und seine Ansicht über ihre Membranbildung in seinen „Untersuchungen über Bau und Bildung der Pflanzenzelle" S. 68 u. s. w.

gekommen. Ein Zusatz von Glycerin zum Wasser lässt ihre Bewegung aufhören, und zwar, wenn er nur schwach ist, nicht plötzlich. Sie halten sich darin sehr gut in unveränderter Stellung. Durch Jod getödtet spreizen sie ihre Wimpern nach allen Seiten lang von sich und verharren so (X, 16, b, c). Während des Schwimmens sind die Stärkekörnchen natürlich mit der Zelle in schneller Rotation begriffen, wobei sie sich bald mehr im Grunde, bald mehr in der Nähe der Schraube, bald gleichmässig durch den Zellraum vertheilt halten (14, a, b, d, e).

Die zahlreichen Windungen der Schraube, die entsprechend vielen langen Wimpern. das grosse kugelige mit reichlichem Stärkevorrath ausgestattete Hintertheil unterscheiden diese Spermatozoiden sehr auffallend von denen der Polypodiaceen, Equiseten, Lycopodiaceen und Isoëteen und auch noch erheblich von den nächstverwandten der Gattung Pilularia.

Ihr seltsamster Theil ist eben dies Stärkesäckchen an ihrem Ende, und es ist schwer, sich seine Bedeutung zu denken. Dient der Amylum-Vorrath, um einen vielleicht zur Bewegung erforderlichen materiellen Aufwand zu decken, und dieselbe somit im Gange zu halten? Und warum kann derselbe dann gerade vor der Hauptaction abgethan und bei dieser entbehrt werden? Denn bei dem Archegonium erscheint das Spermatozoid meist ohne seinen Stärkeanhang.

Die schnell dahineilenden Körperchen suchen ihren Weg meist geradlinig fortzusetzen. Von allen Seiten werden die Makrosporen von den Schwärmern angelaufen. Die meisten treffen nicht auf den trichterförmigen Eingang in die Schleimhülle der Makrospore, sondern auf die Oberfläche dieser selbst. Der Schleim ist jedoch um die Zeit im Wasser schon so weit erweicht und aufgequollen, dass er ihren Lauf wohl verzögert, aber nicht unterbricht. Mit dem Stärkesack jedoch kommt das Spermotozoid nicht mehr recht vorwärts. Das Wirbeln scheint sich zu beschleunigen, und mit ausserordentlicher Schnelligkeit rotirt es um seine Axe, um desselben los zu werden. Endlich gelingt es, einige lebhafte Schwingungen lösen den Schraubenfaden, und schneller eilt er wieder vorwärts; der Verlust des Anhangs mindert seine Thätigkeit in keiner Weise. Dieser selbst aber fällt mit seinem Inhalt bald mehr oder weniger zu einem unregelmässigen Klümpchen zusammen, das sich noch viele Tage lang im Schleim unverändert erhält (X, 19).

Nur wenige nehmen auf bequemerem Weg die Endzelle bis zur

Empfängnissöffnung mit. wie ich deren zur Ruhe gekommen dort gefunden habe.

Dass sich der Inhalt während der Wanderung des Spermatozoids verändert oder vermindert hätte, ist mir nicht ersichtlich geworden, obwohl dies schwer zu entscheiden bleibt, da es ja nicht leicht gelingt, ein und dasselbe auf seiner ganzen langen Reise ununterbrochen zu verfolgen.

Den befreiten Schraubenfaden sieht man nun in verschiedener Weise sich weiter bewegen, bald normal mit der Spitze voran, und dann sehr schnell, bald umgekehrt mit den letzten breiten Windungen voran, und dann zwar eben so schnell rotirend. aber nur sehr langsam aus der Stelle kommend (X, 15, a, b). In jenem Fall bleiben die Wimpern über der Spitze einander zugeneigt, im letzten rudern sie oft mehr gespreizt. So durchdringen sie nach und nach die Schleimhülle und gelangen in den Trichter, um sich ihrem Ziele zu nähern.

Nicht allen jedoch gelingt es, von ihrem Anhang los zu kommen, oder, wenn auch dies noch geschehen, sich durch den Schleim zu arbeiten. Viele sieht man schliesslich darin in wunderlich auseinandergereckter und mannigfach verrenkter Gestalt zur Ruhe gekommen liegen (X, 17, a—c).

In Bezug auf das Verhalten der Spermatozoiden finden zwischen den verschiedenen Keimungsversuchen gewisse allgemeinere Unterschiede statt. Nicht allein, dass schon beim Ausschwärmen, bald mehr die ganzen Mutterzellen entlassen wurden, bald sich die Schwärmer schon während des Austritts des Endosporiums befreiten, so liessen sie auch bisweilen ihre Stärkesäcke in grösserer Zahl schon zeitig fahren, noch ehe sie in den Schleim kamen; auch herrschte zuletzt bald mehr das Schwärmen mit der Spitze voran, bald das umgekehrte vor. Es mag dies mit der verschiedenen Kräftigkeit der ganzen Generation zusammenhängen, wie sich ja auch zuweilen ein grosser Theil der Sporen eines oder des anderen Geschlechts ganz und gar unreif und nicht entwicklungsfähig zeigte.

Das Schwärmen dauert stundenlang; noch 6 Stunden nach Beginn des Ausschwärmens habe ich sie öfter in Bewegung gesehen. Wie lange aber das einzelne schwärmt, habe ich nicht ermitteln können, da die Mikrosporen nur nach und nach zur Entwickluug kommen. In einem Falle sah ich sogar ein Spermatozoid noch drei volle Tage nach dem Aufbrechen der ersten Mikrosporen in Bewegung. Es scheint dies besonders vorzukommen, wenn viel nicht oder man-

gelhaft ausgebildete Mikrosporen dabei sind, deren manche erst allmählich noch nachreifen.

Nach und nach sammeln sich sehr bedeutende Mengen von Schwärmern in den Schleimhüllen und Trichtern der Makrosporen. Sowohl die zurückgelassenen Stärkesäckchen als die zur Ruhe gekommenen Schraubenfäden sieht man oft zu vielen Hunderten an der Oberfläche und im Schleim einer und derselben Makrospore haften [1]), so dass sie bei schwächerer Vergrösserung denselben fast undurchsichtig machen.

Nicht selten sieht man unter den schwärmenden Spermatozoiden Missgeburten, die irgendwie in ihrer Bildung abweichen. Z. B. sah ich einigemal solche, deren Sack doppelt so gross war, als gewöhnlich. Es scheint, dass diese aus einer $\frac{1}{16}$-Plasmaportion erzeugt hat, welche nicht zur letzten Theilung gelangt ist. Diese schwimmen meist nur träge, und scheinen es nicht weit mit ihrer Last zu bringen. Solche nicht normale Mutterzellen scheinen, auch in anderen Fällen, ganz unfruchtbar zu bleiben.

Was die hier so ausnehmend schnelle Bewegung betrifft, so ist über ihren Grund bei der grossen Kleinheit der sich bewegenden Körper schwer etwas mehr zu sagen, als dass die schlagenden Wimpern die Schraube und mittelst dieser die Anhangszelle in Rotation setzen, welche, der Vorwärtsrichtung der Schraube folgend, ein Hineinschrauben ins Wasser, d. h. Vorwärtsschwimmen bewirken muss. Dass aber dies Vorwärtsgehen, und zumal das Schlagen der Wimpern, durch die bei ihrer Basis im Inneren der Schraube vorbeiziehenden Plasmaströme bewirkt werde [2]), ist, angesichts der bedeutenden Energie dieser Erscheinung und der Feinheit des Schraubenfadens, hier gewiss nicht annehmbar, will man nicht bloss ein Räthsel mit einem anderen vertauschen. Wir kennen die innere Bewegungsursache noch nicht.

1) Ich bedaure, dass es der Raum nicht gestattet hat, von der unglaublichen Menge der Spermatozoiden, die in vielen Fällen bei einer einzelnen Makrospore sich versammeln, durch Abbildung eine Anschauung zu geben, doch bewahre ich wohlerhaltene Präparate davon. Rechnet man auf eine Frucht nur 15 Sori (es pflegten zwischen 15 u. 20 zu sein), auf den Sorus 50 Mikrosporangien und auf ein solches nur 50 Sporen zu je 32 Spermatozoiden, so giebt dies schon weit über eine Million von diesen, d. h. bei c. 100 Makrosporen (80 — 150) in der Frucht für jede derselben über 10,000 von jenen, woraus die Möglichkeit von Obigem erhellt, wenn auch viele verkümmern und zahllose sich verlaufen.

2) Vgl. Schacht a. a. O. S. 12.

Die Grösse der Spermatozoiden war in den verschiedenen Fällen nicht ganz übereinstimmend, etwa zwischen 0,015 und 0,030^{mm} schwankend. Ob hierin zugleich Artunterschiede liegen, wird sich erst später ermitteln lassen.

3. Entwicklung des Vorkeims.

Die weisse eiförmige Makrospore zeigt von ihrer Reife an auf dem Scheitel ein rundliches Wärzchen von gelblichröthlicher Farbe, aus dem, wie bekannt, der Vorkeim sich entwickelt. Derselbe ist im ausgebildeten Zustande ein fast kugeliger zelliger Körper, dessen Inneres von einer verhältnissmässig grossen Centralzelle eingenommen wird.

Mettenius[1]) schildert die Entstehung desselben bei Pilularia, und giebt im Allgemeinen nur an, dass bei der Gattung Marsilia dieselbe ebenso sei.

Vor ihm wird von Bischoff[2]) und C. Müller[3]) Keim und „Keimwulst" (Vorkeim) noch nicht unterschieden, während Schleiden den ersten im letzten nach seiner Theorie entstehen sieht.

Mettenius nimmt an, dass das Endosporium (der „Embryosack") sich zu einer hervorragenden Spitze ausdehne, auf welcher sich eine Zellschicht, der Keimwulst, entwickele, deren älteste Zellen die obersten sind, welche sich bei Pilularia durch ihre hervorragende Grösse und Gestalt von den folgenden unterscheiden, die sich abwärts bis zu der Stelle anreihen, wo die Auftreibung des Endosporiums beginnt und der dickere Theil des Exosporiums aufhört. Jene obersten Zellen, vier an der Zahl, scheinen ihm bloss bei Pilularia vorhanden. Der hervortretende Keimwulst lässt bei Marsilia das dicke Exosporium unregelmässig aufreissen. Bei dieser hat Mettenius auch den Plasmakörper im Sporenscheitel gesehen, der der Bildung des Vorkeims vorangeht.

Auch Nägeli[4]) glaubte annehmen zu müssen, dass bei Pilularia der Keimwulst sich auf einer „Ausstülpung" des „Embryosacks" entwickele, und zwar aus einem oberen Kreis von 4 Zellen, die sich noch in je 2 theilen, und einer Mehrzahl unterer, die einen

---

1) Mettenius, Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen (1846) S. 33, 34. — Beiträge zur Botanik (1850) S. 5 etc. Tf. III F. 27—34.

2) Bischoff, Rhizocarpeen S. 78 etc.

3) C. Müller, Flora 1840, II, S. 35 Tf. 1. — Bot. Zeit. 1847, S. 774 etc.

4) Nägeli, Zeitschr. f. wiss. Bot. III, IV S. 192 u. s. w. Tf. IV.

starken Ring bilden, und zum Theil vom Exosporium bedeckt bleiben. Er glaubte ferner ebenfalls, dass der Keim selbst sich in der Spitze der Ausstülpung des Keimsacks, und zwar in der Höhlung des Keimwulstes bilde, ob er gleich den Keim theils frisch auf dem Scheitel desselben und abgestorben sogar noch etwas darüber richtig gesehen und in seinen Figuren 18 u. 19 abgebildet hat.

Hofmeister[1]) hat ebenfalls gesehen, dass im Scheitel der Makrosporen von Pilularia eine linsenförmige Plasmamasse erscheint, und sich später mit einer Membran bekleidet und zur Mutterzelle des Vorkeims wird. Ohne die Zwischenstufen der Bildung beobachtet zu haben, glaubt er, dass dieselbe sich wiederholt zweitheile, und dass eine von den so entstandenen 4 Zellen durch eine geneigte Scheidewand die centrale Zelle von sich abscheidet, die nun ihrerseits die 4 Zellen als Anfang des Archegoniums emporhebe, während sich von ihrer Basis tafelförmige Zellen abgliedern, welche aus sich alsdann die unteren und seitlichen Zellen des Vorkeims herzustellen haben.

Für Marsilia quadrifolia giebt er diese Entwicklung an: Die „Ausstülpung" des Scheitels der grossen Spore werde durch eine Scheidewand von dem übrigen Raum derselben zu besonderer Zelle abgetrennt, und enthalte einen Zellkern. Dieser verschwinde und satt dessen erschienen zwei neue, worauf die Zelle sich senkrecht erst zweitheile, dann viertheile. Durch fortgesetzte Theilung entwickle sich der halbkugelige Vorkeim, aus einer Centralzelle, die von einer Doppel-Zellschicht getragen und von einer dreifachen bedeckt werde, bestehend. Die 4 Längsreihen, die den Scheitel der Centralzelle bedecken, weichen an ihren Berührungskanten auseinander, und lassen einen Gang zwischen sich entstehen[2]).

Meine Beobachtungen an den neuholländischen Arten der Gattung haben dagegen zu den folgenden Ergebnissen geführt.

Das Vorkeim-Wärzchen der Makrospore ist beim Austreten derselben noch fest von dem Scheiteltheil des Exosporiums bedeckt, der, wenn auch bedeutend dünner als das übrige, dennoch wenig durchsichtig ist. Es ist demselben daher optisch schwer beizukommen, und zumal bei unverletzter Spore, die durch ihre Dicke eine Annäherung starker Linsensysteme nicht gestattet. Mit Schnitten kann man aber zunächst nichts ausrichten, da nicht allein der erste Plasmahügel, sondern auch noch der schon fast fertig angelegte Vor-

1) Hofmeister, Vergleichende Untersuchungen etc. S. 105, 107 Tf. XXI, XXII.

2) A. a. O. S. 107 Tf. XXII F. 22—31.

keim, bevor seine Zellen sich consolidirt haben, bei geringster Verletzung sofort zerfliesst.

Es bleibt also nur übrig, von der Makrospore selbst so viel als möglich zu entfernen, und den am Rest derselben haftenden Vorkeimanfang in den ersten Stadien durch Glycerin, später durch Kalilösung, mit der man ihn wenige Minuten behandelt, möglichst durchsichtig zu machen, und von allen Seiten zu betrachten.

So findet man denn zuerst den linsenförmigen Raum der Scheitelwarze durch sehr feinkörniges orangefarbiges Plasma erfüllt, und allein dadurch von dem übrigen Sporenraum verschieden. Eine Membran trennt jenen von diesem noch nicht, wovon man sich sehr leicht durch die stets misslingenden Versuche überzeugen kann, die vermeintliche Scheitelzelle von dem übrigen Sporeninhalt loszupräpariren. Bei dem geringsten Druck gegen die Makrospore werden einige der grossen Stärkekörner aus ihrem Inneren in das zarte Plasma des Scheitelraumes hineingetrieben, ohne dass von irgend einem Widerstand etwas zu merken wäre. Man kann dann durch das bedeckende Exosporium hindurch mehr oder weniger davon in der Plasmamasse eingebettet liegen sehen, wo sie leicht, ihrer Grösse gemäss, bald wie Zellkerne, bald wie schon angelegte Tochterzellen aussehen. Bei mehrfachem Eindringen derselben zergeht endlich das Plasma ganz, und verliert sich zwischen die Theile des Sporeninhalts. Ich habe durch dergleichen eingedrungene Stärkekörner wiederholt Ansichten erhalten, die an junge aus Theilung hervorgegangene Zellbildungen erinnerten (X, 20).

Mit Schwefelsäure behandelt wird das Plasma sehr durchsichtig und zeigt in seinen Körnern dieselbe blaue Farbe, die durch dies Reagens dem noch unfertigen Chlorophyll mitgetheilt zu werden pflegt.

Erst mehrere Stunden nach der Aussaat ist eine fertig abgeschlossene Zelle im Scheitel der Makrospore nachweisbar. (Vielleicht ist es dies Stadium gewesen, in welchem auch Mettenius den Vorkeimanfang schon freigelegt hat.)[1]) Sechs Stunden nach derselben liess sich diese aus der Makrospore herauspräpariren (X, 29, a, b), und zeigte nun, mit Kalilösung behandelt, eine fertige Membran, stand jedoch mit ihrer Mutterzellhaut (mz), dem Endosporium der Spore, noch in Verbindung, indem sie an derselben ringsum anhaftend erschien (X, 29, a, b). Die Fig. b zeigt zugleich die Spur eines

---

1) Mettenius, Beitr. zur Bot. 1850, S. 7 Tf. III F. 34.

Zellkerns, während Fig. a eine erste beginnende Zertheilung des Plasmas wahrnehmen lässt. Der gesammte Inhalt erscheint bei dieser Behandlung zu einer völlig klaren gelblichen Flüssigkeit aufgequollen. Auch unter Glycerin erblickt man jetzt den Anfang einer Theilung.

Ebensowenig, wie ich Hofmeister's Darstellung der Vorkeimentwicklung von Pilularia und Marsilia bestätigt gefunden habe, eben so sehr erinnert mich der Vorgang, wie er bei letzterer thatsächlich stattfindet, an desselben Forschers Mittheilung über die entsprechende Bildung von Isoëtes[1]), deren Vorkeim sich nach ihm durch gleichzeitige Bildung von zahlreichen Zellen aus dem vorher getheilten Plasma entwickelt; nur dass bei Marsilia die Sache viel deutlicher zu sehen ist, vorausgesetzt dass man nicht durch versuchte Schnitte die Bildung zerstört hat.

Hier findet nämlich eine Theilung des gesammten Plasmas in der Art statt, dass sich eine grosse Centralmasse aussondert, die von einer peripherischen, nach oben stärkeren, nach unten schwächeren Schicht umgeben ist, welche sich darauf erst in grössere, dann allmählich in kleinere Plasmaportionen abtheilt, die um die Centralzelle eine einfache Lage bilden. F. 21, a giebt eine Mittelansicht eines in Glycerin durchsichtig gewordenen Vorkeimanfangs, 21, b die oberflächliche Ansicht desselben, 10 Stunden nach der Aussaat. Die Eintheilung zu Zellanfängen ist fast vollendet, aber von beginnenden Zellhäuten ist noch ebensowenig etwas wahrnehmbar, wie dies bei der Plasmatheilung in den Androsporen der Fall ist. Zellkerne konnte ich bei der Dichte des körnigen Plasmas nicht erkennen.

Wenig später, bis etwa 12 Stunden nach der Aussaat, umgiebt sich zuerst die Centralmasse mit einer Membran, und ist nun die Zelle, welche zur Keim-Mutterzelle bestimmt ist. Darauf erst folgen die peripherischen Plasmaportionen in Entwicklung ihrer Membranen. Doch schien es nicht, dass diese alle zugleich vollendet sind. Vielmehr lässt mich der Umstand, dass beim Freipräpariren derartiger junger Vorkeime öfter die unteren Zellen zergingen, während die oberen schon Widerstand leisteten, vermuthen, dass die den Gipfel des Vorkeims ausmachenden Zellen die ersten fertigen sind.

Der Plasma-Antheil, der unterhalb der Centralmasse zu liegen kommt, theilt sich durch Abgrenzungsflächen, die radial auf den

1) Beiträge u. s. w. I, 1852, S. 126, Tf. II F. 1, 2.

Mittelpunkt der Grundfläche zulaufen, erst in grössere keilförmige, später in kleinere ungleiche Stücke ab, und bildet dem entsprechende Zellen (27, ba), während an den Seiten und in der oberen Wölbung mehr cuboidische Zellen entstehen (24, 26). Die Basalzellen schliessen oft nicht völlig unter der Mitte der Centralzellen zusammen, sondern keilen sich früher aus, so dass diese unmittelbar auf der Trennungswand zwischen Vorkeim und Sporenraum aufliegt. Auf dem Scheitel jedoch erkennt man bald 4 gleiche Zellen, die sich etwas über die Nachbaren erheben.

Etwa in der 12. und 13. Stunde nach der Aussaat vollzieht sich dieser Vorgang. Doch sieht man auch viel später noch Theile des Zellgewebes bei Berührung zerfliessen, oder die jungen Zellen von einander lassen, oder sich ihres Inhalts entledigen, und erst gegen die Reife des Vorkeims hin zieht sich der Plasmainhalt aller einzelnen Zellen auf Einwirkung von Reagentien von der Wand zurück, und die Wände bilden mit einander ein haltbares Gewebe.

Eigenthümlich ist, dass die Inhaltsmasse der Centralzelle sich jetzt schon von ihrer ursprünglichen Haut löst und zu kleinerer Kugel zusammenzieht, und sich mit so fester Umgrenzungsfläche umgiebt, dass sie fast nun schon zwei durch einen Zwischenraum getrennte Häute zu haben scheint, wie Fig. 24 (X) von einem 13 Stunden alten Vorkeim zeigt. Dass die äussere Haut nicht bloss etwa durch die zusammenhängenden Wandflächen der Umfangszellen gebildet wird, zeigt erstlich die Ansicht dieser und der Fig. 23, und dann der Umstand, dass man die Centralzelle, von beiden Membranen umgeben, frei präpariren kann. Es ist mithin die kugelförmig gelöste und fest conturirte Masse der Anfang zur Keimzelle, das Keimkörperchen, wie Schacht das analoge Gebilde der Phanerogamen nennt, oder die Befruchtungskugel nach Pringsheim, d. h. die zukünftige Keimzelle, so weit sie durch das weibliche Organ vorgebildet wird (das Keimbläschen im Sinne von Mettenius)[1]). Ein solches Präparat zeigte mir die Zwischenräume zwischen beiden Conturen von farblosem Schleim erfüllt; eine gleiche Schleimhülle hat Pringsheim am Keimkörper von Salvinia beobachtet. Im Centrum des Plasmas erscheint mehr oder weniger deutlich ein Kern (X, 24, 28).

Hofmeister schildert die Bildung bei Isoëtes[2]) analog, von

1) Mettenius, Beiträge S. 5 etc., Tf. III F. 26, 27.

2) Hofmeister, Beiträge I, S. 128, Tf. II, F. 4—6.

Equisetum[1]), den Polypodiaceen[2]) und Salvinia[3]) jedoch ganz abweichend, während Pringsheim[4]) den Vorgang bei Salvinia eben so beobachtet hat.

Letzter hat nun ferner bei dieser Pflanze gesehen, wie sich im Gipfel der Centralzelle eine besondere kleine Zelle bildet, die sich kegelförmig erhebt, die unteren vier Zellen des Archegoniumhalses empor und auseinander treibt, sich beim Abwerfen der oberen Halszellen desselben oben öffnet, ihren Schleiminhalt austreten lässt und so einen offenen Kanal bis zum Scheitel der Befruchtungskugel oder des Keimkörpers herstellt.

Wie schon Pringsheim bei Salvinia nicht über alle Stadien dieser Entwicklung völlig ins Reine gekommen ist, so lässt sich bei der nicht genügenden Durchsichtigkeit des Vorkeims von Marsilia der entsprechende Vorgang noch weniger klar durchblicken.

Nachdem der ganze Vorkeim durch fertiges Zellgewebe angelegt ist, und während die seitlichen Zellen ebenfalls noch hin und wieder sich zu Zellen einer zweiten Generation in derselben Schicht theilen, erheben sich die 4 Scheitelzellen desselben deutlicher zu einem vortretenden Hügelchen, und theilen sich durch eine Scheidewand, die von der äusseren Wand gegen die gemeinschaftliche Berührungskante geneigt ist, in je 2 Zellen, eine obere und eine untere (X, 25, ♀). Der Hügel erhebt sich höher, das Plasma der vier oberen Zellen verschwindet bis auf wenige Körner, die in klarem Saft schwimmen, und der Halstheil des Archegoniums ist somit äusserlich vollendet. (X, 25, 26; vgl. auch XI, 8, 10, 11, 13.)

Während dieser Entwicklung sondert sich im Scheitel des Keimkörpers unmittelbar unter den vier unteren Halszellen eine linsenförmige Masse desselben ab, die gegen die Zeit der Empfängnissreife aus klarem Schleim besteht, und — in günstiger Ansicht — durch eine Doppellinie von dem übrigen körnigen undurchsichtigen Plasma geschieden ist (XI, 1, sl). Die Art der Entstehung dieses zellähnlichen Körpers, und ob er wirklich von einer festen Wand umgeben und durch solche von dem Keimkörper gesondert wird, ist mir bisher nicht festzustellen gelungen, obwohl Ansichten wie Fig. 28 (X) dafür sprechen, und zugleich wahrscheinlich machen, dass er eine Tochterzelle von demselben ist. In einem anderen mit Kali behandelten

1) Ebend. S. 172, Tf. XVII F. 7, 8, 10, 11.

2) Beiträge II 1857, S. 605, Tf. V F. 2, 3.

3) Ebend. S. 667, Tf. XIII F. 8—13.

4) Pringsheim, Salvinia natans. Jahrbücher etc. III S. 86 u. s. w., Tf. XVI.

Präparat war der Gipfel des Keimkörpers stark kegelförmig hervorgezogen, ohne jedoch schon eine Abgliederung zu zeigen. In mehreren Fällen zeigte der Keimkörper noch nach der Befruchtung einen napfförmigen Ausschnitt an der Spitze (XI, 8, 10). Dieser Schleimkörper ist somit das unzweifelhafte Aequivalent der Pringsheim'schen „Kanalzelle" bei Salvinia, obgleich der Anspruch desselben, eine wirkliche Zelle zu sein, für Marsilia noch nicht festgestellt ist.

Dieser zellähnliche Körper tritt hier nicht, wie bei Salvinia, allmählich und zeitig zwischen die Halszellen hinein, vielmehr bleiben diese bis unmittelbar vor der Befruchtung selbst fest zusammengeschlossen, und zwar die vier unteren sowohl wie die vier oberen. Dass dann die ganze übrige kugelige Plasmamasse, dieselbe, die sich zuerst unter den Zellen des Vorkeims absonderte, zur Anlage des Keims wird, — wie zuerst Mettenius[1]) bestimmt für die Polypodiaceen, Selaginella und Pilularia ausgesprochen, und Pringsheim neuerdings, von Salvinia ausgehend, bestätigt hat, — ist hier so der unmittelbaren klaren Anschauung unterworfen, dass darüber nicht der geringste Zweifel bleiben kann. Und es findet dadurch die Hofmeister'sche Auffassung der Befruchtung und Entwicklung seines „Keimbläschens", für welche er Geltung über alle Gefässkryptogamen beansprucht[2]), durch Marsilia eine neue Beschränkung.

Während der Ausbildung des Vorkeims ist er nach und nach zum mehrfachen Volumen des ursprünglichen Gipfelwärzchens der Makrospore herangewachsen, hat das deckende Exosporium meist dreiklappig auseinander getrieben, und seinen Inhalt mit lebhaft grünen Chlorophyllkörnern erfüllt. Dass jedoch nun weiter nichts daraus wird, wenn man beiderlei Sporen getrennt hält, aber durch Hinzuthun der Mikrosporen eine Keimung auch noch nach einiger Zeit veranlasst wird, führt zum Beweise der Sexualität schon E. Fabre[3]) an. Schon 16—18 Stunden nach der Aussaat ist der Vorkeim äusserlich erwachsen; 20—24 Stunden darnach pflegt die Befruchtung

1) Beiträge zur Botanik S. 22.

2) Hofmeister, Berichte der K. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1854, S. 54.

3) Annales d. sc. nat. 1837, S. 227, 229. Dagegen glaubt Debat noch im Jahre 1861, dass die ganze Makrospore gleich nach ihrer Vollendung durch den Inhalt ihrer 3 Schwesterzellen befruchtet wird, während es ihm sehr zweifelhaft ist, ob die — vielleicht ganz zwecklosen — Mikrosporen etwa noch später das Erzeugniss der Spore, das dann nur ein Vorkeim wäre, auch noch mit ihrem Inhalt befruchten müssen: Sur la formation de l'embryon dans le Marsilia quadrifolia: Ann. d. l. soc. Linnéenne de Lyon 1861, T. 8 p. 571 etc.

einzutreten, und zwar unabhängig von der Tageszeit, zu beliebiger Tag- oder Nachtstunde. Selbst um Mitternacht habe ich die Spermatozoiden schwärmen sehen.

4. Befruchtung.

Den Augenblick des Oeffnens der Archegoniummündung und des Einschlüpfens eines Spermatozoids abzupassen ist schwierig, da es keinerlei äusseres Vorzeichen dafür giebt, und die Undurchsichtigkeit des Vorkeims die inneren oft ganz verbirgt. Jedoch ist es mir geglückt, den Vorgang in seinen wesentlichen Momenten unter meinen Augen sich vollziehen zu sehen. Beim Durchmustern empfängnissreifer Sporen bemerkte ich unter dem Archegoniumhalse einer eine Bewegung. Eine weiche Masse schob sich von unten zwischen die unteren Halszellen herein, erst langsam, plötzlich gab ihr Zusammenhalt nach, und in kräftiger Explosion fuhr eine ziemliche Menge breiartigen Schleimes zwischen den oberen Halszellen hindurch ins Freie hinaus, und bildete auf diese Weise zwischen den auseinandergetriebenen 8 Zellen längs ihrer Innenkante einen Kanal, der nun von aussen bis zum Keimkörper hin offen blieb. Der ausgetriebene Schleim war augenscheinlich das Material der Schleimzelle oder zellähnlichen Schleimmasse auf dem Scheitel des Keimkörpers [1]).

Kaum war die Empfängnissöffnung hierdurch erschlossen und das Innere zugänglich geworden, so war auch eins der im Trichter schon angelangten Spermatozoiden zur Hand. Dennoch kehrt dies erste noch wieder um, doch gleich darauf naht dasselbe oder ein anderes von Neuem, schwimmt schnell mit der Spitze voran herbei, bohrt mit den vorderen etwas ausgereckten Windungen in die Archegoniummündung, wirbelt in heftigster Drehung einen Augenblick, wie durch einen im Grunde des Kanals wirkenden Widerstand aufgehalten, ohne vorwärts zu kommen, während die hinteren weiten Windungen — ohne Säckchen — noch aussen sind, und schlüpft dann, nachdem dieser überwunden, urplötzlich ganz ins Innere hinein, wobei es sich der weiteren Beobachtung entzieht [2]). Leider macht die zu undurchsichtige Masse des Vorkeims eine Beobachtung des Vorgangs der Befruchtung im Inneren desselben unmöglich, und auch keinerlei Prä-

---

1) In einem Falle (XI, 8) fand sich später eine grössere Quantität desselben im Grunde des schon gebräunten Archegoniumhalses zurückgeblieben.

2) Es gewährte hierbei jenen bekannten Anblick eines in Rotation gesetzten schraubig gedrehten Glasstabes.

paration lässt das Spermatozoid dort wieder ereilen, oder noch eine Spur desselben später auffinden. Ich glaube jedoch, dass es, erst mit der Spitze gegen den Keimkörper stossend, den Widerstand seiner derberen membranartigen Aussenschicht überwinden musste, und im Augenblick, wo dies geschehen, in die Masse desselben unmittelbar eindrang. Die Grössenverhältnisse der betreffenden Theile lassen dies annehmen, erlauben aber den Spermatozoiden ein Umschwärmen des Keimkörpers durchaus nicht. In einem Falle sah ich nach dem ersten Schwärmfaden alsbald einen zweiten erscheinen, und ebenfalls ohne Weiteres eindringen und verschwinden. Fernere wurden jedoch nicht mehr empfangen, obgleich sie energische Versuche einzudringen machten. Einer bemühte sich vergebens, sich weiter als zur Hälfte einzubohren. Bald sieht man alle Mündungen der befruchteten Archegonien von immer mehr sich häufenden Gesellschaften von Spermatozoiden belagert, die alle mit der äussersten Spitze in der Mündung festhängend, zuletzt ganze Büschel bilden (XI, 7) und endlich auch an anderen Theilen des Vorkeims anlegen und hängen bleiben. Schnell wird der Archegoniumhals braun als Zeichen der vollzogenen Befruchtung. Stundenlang sieht man immer noch einzelne neue im Trichterraum heranschwimmen und abgewiesen werden. Aber auch schon vor dem Oeffnen der Mündung nahen sich schon viele, ihre Function auszuüben bereit. wie z. B. Fig. 6 (XI) ein Paar auf ein Archegonium lossteuernde Spermatozoiden darstellt, welche, rückwärts und mithin langsamer rudernd, in dem abgebildeten Moment durch Hinzulassen eines Tropfens Glycerin fixirt wurden.

Schon Mettenius[1]) sah einen Schleiminhalt am Halskanal bei Pteris und deutete ihn gegen die Suminsky'sche Ansicht, dass er aus Spermatozoidenresten bestehe, richtig als hier entstanden. Auch sah er ihn unter Druck austreten.

Auch Hofmeister[2]) sah bei Polypodiaceen eine Quantität Schleim aus dem Halskanal freiwillig austreten, und durch sein Aufquellen die Scheitelzellen auseinandergedrängt werden. Von einem momentanen, explosiven Ausschleudern und Aufbrechen spricht er nicht. In welcher Weise Pringsheim[3]) bei Salvinia den Austritt des Schleimes der „Kanalzelle“ beobachtet hat, geht aus seiner Darstellung nicht hervor.

Bei Marsilia vollzieht sich der ganze Vorgang im Zusammen-

1) Mettenius, Beiträge zur Botanik S. 21, Tf. III F. 18, 20.

2) Hofmeister, Beiträge II, S. 605.

3) Ueber Salvinia natans, Jahrb. III S. 520 etc.

hange, vom sichtbaren Andrängen des Schleims gegen die Halszellen bis zum Verschwinden des Spermatozoids, in sehr kurzer Frist; es vergingen kaum einige Sekunden, so war alles gethan. Vermuthlich wird durch allmähliche Wasseraufnahme die Schleimmasse oder Schleimzelle über dem Keimkörper in eine Spannung versetzt, die den festen Zusammenschluss der Halszellen nur nach Erlangung bedeutenderer Intensität plötzlich in gewaltsamem Durchbruch überwinden kann, ähnlich, wie zuerst von Pringsheim bei Vaucheria der Schleimdurchbruch beobachtet ist.

Der ausgeworfene Schleim bläht sich im freien Wasser — innerhalb des Trichters — zu einer schaumig blasigen Masse auf, die Tage lang ohne irgend welche Veränderung liegen bleibt, und bei Marsilia niemals irgend eine Molekularbewegung blicken lässt, noch derartig beweglichen Körpern die Entstehung giebt. Mit den beweglichen Körperchen, die von A. Braun schon früher gesehen und von mir[1]) beschrieben sind, darf sie, wie man hin und wieder geneigt scheint, nicht verwechselt werden.

Was diese eigenthümlichen Körperchen betrifft, so habe ich sie nun bei allen Aussaaten in ganz gleicher Weise wieder auftreten sehen, wie sie in jenem erst beschriebenen Fall und früher schon öfter ähnlich von A. Braun beobachtet sind, so dass es gerechtfertigt erscheint, noch einmal darauf zurückzukommen. Es sind kleine länglich runde Körperchen von bestimmter Gestalt und Grösse, welche sich bei allen unbefruchtet gebliebenen Archegonien, häufig schon in den ersten Stunden nach dem Befruchtungsact, zuweilen erst ein oder zwei Tage nachher einfinden, und zunächst vor der offenen Mündung in lebhaft wimmelnder Bewegung sehr schnell hin- und herfahrend bemerkt werden. Sie haben genau die Gestalt der einzelnen Glieder von Vibrio lineola Ehrbg, sind jedoch etwa nur $\frac{2}{3}$ so gross, bald schmäler bald breiter elliptisch. Weder in ihrer Gestalt noch in ihrer Bewegung haben sie mit unregelmässigen sogenannten Molekulen zerfallender organischer Substanzen und deren mehr taumelnder als wimmelnder Bewegung eine Aehnlichkeit. Vielmehr habe ich mich jetzt überzeugt, dass es selbständige organische Gebilde sind, die theils den Monaden, theils den Vibrionen sehr nahe stehen. Denn nachdem sie eine Zeit lang im lebhaften Wimmeln beobachtet sind und sich reichlich vermehrt haben, sieht man viele von ihnen zahlreich auf der Oberfläche des Objectglases

1) Monatsberichte der Berl. Akademie 1862, S. 114.

zur Ruhe gekommen, und hier theils einzeln, theils in Ketten, welche mannigfach geschlängelte Zickzacklinien bilden, aneinander gelagert oft die zierlichste Mosaik bilden, und zuletzt wohl wie eine zusammenhängende Tapete den Boden bedecken (XII, 14).

So sammeln sie sich zunächst unmittelbar um die Mundöffnung des Archegoniums, ballen sich, hier zur Ruhe kommend, zu einem kugeligen Häufchen zusammen, an dessen Umfang das Wimmeln immer fort dauert, und den Haufen zu umfangreicher, oft völlig regelmässiger dichter und undurchsichtiger Kugelmasse vergrössert, während zugleich sich allmählich der ganze Trichterraum mit ihrem immer dichteren Getümmel erfüllt, und sie in grosser Zahl sich in der Schleimhülle selbst, zumal an ihrer Oberfläche und in den concentrischen Spaltungsflächen ihrer Masse, ansammeln. Auch am äusseren Umfang der Makrosporen finden sich immer mehr ein. Das Ganze gewährt endlich ein eigenthümliches Bild, wie es theilweis in Fig. 9 (XI) angedeutet ist.

Oft dauert dies Treiben Tage lang. Nachdem schon die Archegoniummündung unzugänglich ist, fahren die Körperchen noch in den übrigbleibenden Zwischenräumen zwischen Vorkeim und Schleimhülle hin und her. Die sonderbare Erscheinung des massenhaften Anhäufens vor der Archegoniummündung hatte die Frage nahe gelegt, ob sie zu dem weiblichen Organe in irgend einer directen Beziehung ständen. Andererseits hatte ich sie stets zuletzt auch in der Nähe der Mikrosporen erscheinen, und zumal in den verkommenden Entleerungs-Producten derselben in Menge aufgehäuft, ja auch an anderen vom Sporenentwicklungs-Vorgang herrührenden organischen, zumal stickstoffhaltigen Resten auftreten sehen. Und so ward es auch fraglich, ob sie etwa aus den Bestandtheilen des männlichen Befruchtungsapparats herrührten, und sich bei den weiblichen nur sammelten.

Um dies zu ermitteln, that ich alsbald nach Entfaltung des Inhalts einer Frucht einige Makrosporen, lange ehe in ihnen und den Mikrosporen irgend eine Entwicklung begonnen, auf ein besonderes Objectglas, auf ein anderes ebenso isolirte Mikrosporen, und auf ein drittes Stücke eines entleerten Sorus ohne alle Sporen. Die Folge war entscheidend. Sowohl bei den grossen als bei den kleinen Sporen erschienen die Wimmelkörperchen und trieben ihr Wesen in gewohnter Weise, und auch auf dem dritten Glas ohne Sporen erschienen sie. Also waren weder die einen noch die anderen die nothwendige Ursache ihrer Entstehung, vielmehr genügte irgend eine der hier

vorhandenen organischen Substanzen, sie — sei es zu erzeugen, sei es wenigstens zu vermehren. Und dazu kam, dass sie in viel grösserer Menge nahe dem Rande der Deckgläser, mit denen die drei Objecte belegt waren, sich sammelten und zur Ruhe kamen, als im mittleren Raum derselben.

Es ist daraus mithin wahrscheinlich, dass sie von aussen stammen, durch die Luft zuerst zugeführt in das Wasser der Objecte gelangen, sich, wo sie die reichlichste Nahrung finden, am reichlichsten vermehren, und somit erst secundär in die eigenthümliche Beziehung zu den Sporen treten.

Immerhin ist dabei auffallend, dass unter allen Umständen und in allen von mir beobachteten Fällen ganz dieselbe Form von Körperchen auftrat, in gleicher Weise sich benahm und in gleichem Maasse sich vermehrte.

Auffallend bleibt ferner, dass diese monadenartig wimmelnden Körper stets zuerst vor unbefruchteten, also unbefriedigten Archegonien erscheinen, vor befruchteten nur seltener und später, erst wenn sie in grösserer Menge vorhanden sind, und dass sie, abgesehen von ihrer überall deutlich selbstständigen Bewegung, lebhafter und schneller als an anderen Orten sich vor dem Archegoniummunde tummeln, schnell auf die Oeffnung los- und wieder zurückfahren, und dadurch ein Schauspiel gewähren, wie man es vor der Mundöffnung einer Vorticelle oder eines Stentors erblickt. Dazu kommt, dass auch andere beliebige Körper, die in die Nähe kommen, herbeigezogen werden, und dass die Spermatozoiden selbst, wenn sie, statt schnurstracks in normaler Weise auf die Empfängnissöffnung los zu schwimmen, etwa rückwärts herankommen, in der Nähe der Mündung plötzlich wie von einem Strudel ergriffen schnell und taumelnd mit der Spitze voran gegen diese heranfahren, während sie vor dem noch nicht erschlossenen Archegoniummund ganz gleichgültig und ungestört vorbei rudern. Man sieht sich versucht, an irgend eine mechanische Ursache dieser Bewegung zu denken, doch ist davon keine Spur zu erblicken. Auch könnte man meinen, dass irgend ein aus dem Archegoniumhalse austretender Stoff im Wasser vor demselben diffundirend eine Strömungserscheinung veranlasste. Doch ist die fragliche Bewegung hierzu viel zu heftig, und ist auch ein solcher Stoff schwer anzunehmen, da jener aus dem Halse ausgeworfene schaumige Schleim geronnen und unverändert und zumal unvermindert meist weit von der Mündung entfernt liegen bleibt, und im Inneren also höchstens noch das Plasma des Keimkörpers dispo-

nibel wäre, welches man sich aber auch nicht verringern, sondern vielmehr erhärten und allmählich bräunen sieht.

Somit bleibt diese auf so verschiedene belebte und todte Körper augenscheinlich anziehend wirkende Bewegungsursache an der Archegoniummündung vorläufig noch unaufgeklärt, und die Bewegung der kleinen Körperchen selbst wird unrichtig von denen, die sie nicht vollständig selbst beobachtet haben, mit der sogenannten Molekularbewegung zusammen gethan.

Der Halskanal der befruchteten Archegonien bräunt sich meist sehr bald, der der unbefruchteten meist gar nicht oder spät. Doch habe ich auch befruchtete Archegonien lange ungebräunt bleiben sehen, und sie für unbefruchtet gehalten, bis das Schwellen des Keims das Gegentheil bewies.

5. Keimung.

Bald nach vollzogener Befruchtung findet sich der Keimkörper (XI, 10) von fester Membran umgrenzt (XI, 11) und somit als Urzelle des Keims constituirt. Es gelingt von jetzt ab, denselben freizupräpariren, und es ist dies zugleich die einzige Methode, in welcher man die Zelltheilung und Entwicklung des Keimes sicher und ohne Zweifeln unterworfen zu bleiben verfolgen kann. Mit Schnitten ist auch jetzt noch, in den ersten Stadien des Keimens, nicht allein wegen der grossen Verletzlichkeit des neu sich bildenden Gewebes, sondern noch vielmehr desshalb, weil man denselben keine sichere Richtung geben kann, nichts zu erreichen. Der Vorkeim ist seinem Grundriss nach völlig kreisrund und regelmässig, und nichts giebt über die Lage des Keimes darin eher eine Andeutung, als bis derselbe seine Gestalt schon sehr entwickelt hat und aus vielen Zellen besteht. Man könnte also bei noch so genauem Schneiden aus den Schnitten nichts schliessen, weil man nicht wüsste, in welcher Richtung man den Keim zertheilt hätte. Auch müsste man so unbestimmte Ansichten dann noch mit Mühe zu einem Gesammtbilde des Zellenbaues combiniren. Dazu käme noch, um die Unsicherheit zu erhöhen, der Umstand, dass der Keim in der ersten Zeit bei gewaltsamer Berührung im Innern des Vorkeims etwas verschiebbar und drehbar ist.

Ein anderes Verfahren hat jedoch zu befriedigendem Aufschluss geführt. Die Vorkeime wurden zunächst in Aetzkalilösung gelegt, und zwar bei noch sehr jungem Keim nur 3—5 Minuten, in späte-

ren Stadien etwas länger. Dadurch wird das Zellgewebe derselben so weit nachgiebig, dass man den jungen Keim, nachdem der Vorkeim aus der Makrospore herausgelöst, aus diesem mit der Nadel frei präpariren kann, und zwar am leichtesten durch die schwachgeschlossene Basalfläche desselben. Das Kali macht freilich auch den Keim äusserst verletzlich, so dass er nur mit Vorsicht ganz herauszubringen ist. Doch macht es ihn andrerseits auch so durchsichtig, dass man nun mit einem guten Linsensystem jede gegebene Durchschnittsebene desselben völlig deutlich beobachten kann. Ich habe dergleichen Präparate alsdann unter Glycerin mit sehr feinen und kleinen Glimmerblättchen belegt, — da auch das feinste Deckglas noch viel zu schwer ist —, und sie durch Vorschieben derselben mit der Nadel unter dem Mikroskop nach allen Seiten gerollt, dadurch jede beliebige Ansicht gewonnen und somit eine vollständigere und übersichtlichere Anschauung erhalten, als sie überhaupt durch Schnitte bewirkt werden kann. Um jedoch den Keim und die Richtung seiner Theilungswände in ihrer Lage zum Vorkeim zu beobachten, wurden die durchsichtigsten Vorkeime möglichst vorsichtig von den Sporen befreit und sonst unverletzt betrachtet.

Bald nach der Befruchtung beginnt im Vorkeim (XI, 10) eine Zelltheilung sowohl durch Scheidewände, die parallel mit der Oberfläche, als auch durch solche, die senkrecht darauf gehen (11), und er besteht somit bald aus durchschnittlich zwei Schichten cuboidischer oder tafelförmiger Zellen. Er schwillt dadurch schon etwas an, ohne darauf zu warten, dass ihn der Keim von innen dränge. Seine Basalzellen breiten sich im Scheitel des Sporenraumes unter dem ringförmigen Rande der dichten Aussenhaut mehr oder weniger kragenförmig aus (11, 12), und so erscheint der Vorkeim an der Stelle der ursprünglichen Oeffnung des Exosporiums etwas eingeschnürt, im Ganzen meist sphäroidisch mit aufgesetztem Hügelchen (10—13). Man erkennt um diese Zeit und auch später am freigelegten Vorkeim noch deutlich die ihn nach Art einer Cuticula umgebende Mutterzellhaut im Zusammenhang mit dem Endosporium, dessen Scheiteltheil diese ursprünglich ausgefüllt, dann ausgedehnt hat, und mit dem sie nun innig verschmolzen erscheint (XI, 11, 12 : mz). Die Zellvermehrung hält von jetzt ab mit der des Keimes Schritt.

Zwölf Stunden nach der Befruchtung etwa pflegt man die erste Zelltheilung im Keime zu bemerken. Es ist eine Wand, die ich, indem ich die Makrospore, den Vorkeim nach oben, auf ihre Längsaxe gestellt denke, nahezu senkrecht nennen kann, indem sie unter

dem Archegoniumhalse beginnend, fast nach der Mitte der Basis der Keimzelle zugeht, und den Keim in zwei etwas ungleiche Hälften theilt (XI, 15). Aus der grösseren entwickelt sich der Stammtheil, aus der kleineren die erste Wurzel. Ich will daher jene die vordere, diese die hintere nennen.

In beiden folgt schnell je eine zweite Wand, wodurch die vordere Zelle fast horizontal in zwei ziemlich gleiche Hälften getheilt wird, während die hintere neue Wand etwa von der Berührungslinie der vorderen mit der senkrechten beginnend, sich nach hinten zu etwas abwärts neigt (XI, 13, 16, 1, w^1).

Somit ist die Keimzelle in vier nicht ganz gleiche Tochterzellen zerlegt, von denen ich gleich vorweg bemerken will, dass die obere vordere dem ersten Blatt (b), die obere hintere (die grösste der beiden hinteren) der ersten Wurzel (w), die untere hintere (die kleinere) einem Theil des Keimfusses (f) und endlich die untere vordere (st) der Stammknospe und zugleich dem andern Theil des Keimfusses die Entstehung giebt, deren beide Anfangszellen, wie sogleich zu entwickeln, demnächst durch eine fernere dritte, gegen die zweite geneigte Wand sich trennen (17).

Dass die Keimbildung mit einer Zweitheilung des gesammten Keimkörpers beginnt, giebt schon Mettenius[1]) für die Polypodiaceen an.

Nach Hofmeister[2]) ist eine Viertheilung der ersten fertigen Keimzelle allen Gefässkryptogamen gemeinsam. Doch giebt er an, dass stets eine der 4 Zellen, und zwar eine der Archegoniummündung abgewendete, das erste Blatt und zugleich die secundäre Stammknospe erzeugt, während eine andere, — und selbst bei den Polypodiaceen verschieden, bald die jener benachbarte, bald die diagonal entgegengesetzte — die erste Wurzel bildet, die beiden übrigen dagegen die verkümmerte primäre Axe und zumal den dieselbe hauptsächlich repräsentirenden sogenannten Fuss des Keimes hervorbringen. Dies trifft weder nach Pringsheim's[3]) neueren Beobachtungen für Salvinia, noch nach den meinigen für Marsilia zu, und zwar in keiner der beiden in Pteris und Aspidium von Hofmeister beobachteten Entwicklungsarten. Vielmehr trennt bei Salvinia die erste fast senkrechte Scheidewand einen hintern Theil des Keimes ab, der, — zwei Zellen der Vierzahl entsprechend, — bei dieser wurzel-

1) Mettenius, Beiträge zur Botanik S. 22.

2) Hofmeister, Beiträge etc. I, S. 131, 174; II, 607 etc.

3) Pringsheim a. a. O. S. 524 etc., Tf. XXVII — XXIX.

losen Pflanze ganz und gar nur das sogenannte Stielchen als erstes Stengelsegment anlegt, während die überhaupt zweite Theilzelle das zweite Segment nebst seinem Blatte, dem Schildchen, aus sich erzeugt, und die dritte als bleibende Scheitelzelle den Werth der Stammknospe behält. Auf Marsilia bezogen ist die hintere bald in zwei Zellen getheilte Hälfte des Salvinia-Keims das Aequivalent der Wurzel- und hinteren Fusszelle, während das Schildchen von Salvinia aus der gleichen Zelle seinen Ursprung nimmt, die ihn hier dem ersten Blatt giebt, und die Stammknospen-Zelle ebenfalls die gleiche in beiden Pflanzen ist.

Obgleich es daher eine weit geltende Annahme ist, dass der Keim sämmtlicher Farne mit einer verkümmernden Hauptaxe beginnt und die Fortbildung nur mittelst einer sekundären Axe stattfindet, so kann ich in dem factischen Sachverhalt bei der Zellentheilung im Keime von Marsilia für diese Ansicht keinen Anhalt finden, da die zuerst auftretende Scheidewand den Keim schon senkrecht in eine Wurzel- und eine Stengelhälfte spaltet, in welchen beiden, wie sogleich zu zeigen ist, alle ferneren Theilwände auf eine fast horizontale oder vielmehr vorn etwas nach unten geneigte Lage der ursprünglichen ersten und Hauptaxe des Keimpflänzchens hinweisen, wie sie ebenso von Pringsheim für Salvinia dargethan worden ist. Es bleibt sonach für einen ursprünglich zwischen Wurzelantheil und Secundäraxe vorhandenen primären Axentheil nichts übrig, und man könnte nur noch annehmen, dass etwa der vordere oder hintere Fussantheil für sich die Bedeutung der ursprünglichen Hauptaxe habe, die, nachdem sie nach einer Seite die Wurzel, nach der andern die Stamm-Urzelle — oder umgekehrt — von sich geschieden, hiermit ihre fortzeugende Thätigkeit beendet.

Damit käme man aber zu einer Zelltheilungsfolge, die aller Symmetrie und Regel der sonst beobachteten ähnlichen Vorgänge völlig widerspricht, und somit erst recht nicht befriedigen kann.

Die fernere Zelltheilungsfolge hat im Allgemeinen theils mit dem von Hofmeister besonders an den Polypodiaceen, theils mit dem von Pringsheim an Salvinia beobachteten Entwicklungsvorgange Aehnlichkeit, nur dass die Wurzellosigkeit und die morphologisch sehr eigenartige Bildung des Salvinien-Keimes auf der einen und die Abweichung in der Gestaltung des Vorkeims und der Stellung der Archegonien auf der anderen Seite mancherlei Unterschiede veranlassen. Bei Pilularia lässt dagegen das, was seit Bischoff

alle Beobachter [1]), C. Müller, Schleiden, Mettenius und Hofmeister von der Keimung angeben, einen völlig gleichen Entwicklungsgang wie bei Marsilia vermuthen, in welchem alsdann diese beiden Gattungen einen eigenartigen Typus zwischen den Polypodiaceen und der Salvinia ausmachen.

Es bedarf übrigens zuvörderst für die übrigen Farne einer noch genaueren Ableitung der ersten organischen Gegensätze von Knospe, Blatt und Wurzel aus den vier Anfangszellen ihrer Keime, um zu einer sicheren Anschauung zu gelangen, welch durchgreifenden Verschiedenheiten etwa die Polypodiaceen, Ophioglosseen, Equisetaceen, Lycopodiaceen und Isoëteen von dem Entwicklungsgesetz trennt, das für die beiden Familien der Rhizocarpeen jetzt gewonnen ist, und es ist mir nicht so unwahrscheinlich, dass sich dadurch eine grössere Uebereinstimmung, als es jetzt scheint, herausstellen möchte.

Die fernere Zellfolge also bei den Marsilia-Keimen ist nun diese:

Nachdem die vordere Keimhälfte durch die horizontale Wand (1) getheilt ist, setzt in der unteren die nächste Theilungswand (2) an dieser Horizontalwand selbst, nahe jener senkrechten, an und geht nach unten und vorn geneigt bis zum Umfang, eine keilförmige Zelle aus diesem Keimquadranten ausschneidend (XI, 17, 19 a : s). Diese ausgeschnittene Zelle ist nun die fernere Stamm-Scheitelzelle, sie liegt fast in der Mitte der vorderen Keimhälfte zwischen einer ersten oberen und einer zweiten unteren Abschnittszelle.

Jetzt theilen sich etwa zu gleicher Zeit die somit hergestellten drei vorderen Zellen je durch eine auf die Haupt-Theilungswand (0—0) senkrecht stehende und an sich ebenfalls senkrechte (also in Fig. 17 in der Ebene des Papiers liegende) Scheidewand in je zwei gleiche Hälften (18, 19 b, c : b^2) und gleich darauf findet in dem oberen vorderen Keimquadranten, d. h. der ersten Blattzelle und zwar in beiden Halbirungszellen eine neue Theilung fast parallel der Hauptscheidewand statt (17, 18, 19 a, 19 b, b^3), so dass das Blatt nun seinerseits aus vier Zellen besteht.

Während dessen ist auch in der Wurzelhälfte eine fernere Theilung eingetreten, indem in der oberen grösseren Wurzelzelle, an der senkrechten Mittellinie der Hauptscheidewand, eine Theilungswand in schiefem Winkel ansetzt und nach einer Seite schräg und zugleich

1) A. d. a. O.

etwas gekrümmt bis zum Umfang läuft. Unmittelbar danach, so dass man nicht leicht die eine ohne die andere erblickt, tritt eine zweite Wand auf, welche an der ersten unweit ihres Ursprungs ansetzend ähnlich wie diese aber in entgegengesetzter Richtung nach der anderen Seite zieht (18, 19 a, b : w^2, w^3).

Jetzt gewährt der junge Keim von der Seite gesehen die Ansicht von Fig. 19 a, von oben die von 18 und 19 b, von vorn die von 19 c. In 18 sieht man genau über dem Treffpunkt der Hauptscheidewand mit den senkrechten Scheidewänden in Blatt und Wurzel die Archegoniummündung liegen. In anderen Fällen erscheint sie wohl etwas daneben, doch ist schwer zu sagen, ob dies nicht durch eine leichte Drehung des Keimes veranlasst ist. Der Keim ist zwar jetzt schon in der Richtung seiner Axe gestreckt und demnach der Vorkeim unbedeutend in die Länge gezogen, häufig aber zugleich etwas schief geworden, so dass man äusserlich an ihm die Lage des Keims doch noch nicht genau beurtheilen kann.

Eine leichte Uebersicht über die Fortentwicklung des Keim-Zellgebäudes wird man aus den Fig. 20 u. 21 a—k gewinnen. Die letzten stellen ein und denselben frei gelegten und durchsichtig gemachten Keim 34 Stunden nach seiner Befruchtung dar, von allen Seiten gesehen, bald oberflächlich betrachtet, bald in medianer Einstellung des Mikroskopes. Die auf einander folgenden Scheidewände der Stammseite sind mit 0, 1, 2, 3 u. s. w., die der Wurzelseite mit w^1, w^2, w^3 u. s. w., die im ersten Blatt ebenfalls an die Wand 1 sich anschliessend, mit b^2, b^3, b^4 u. s. w. bezeichnet.

Die letztentstandene Wand in der Stamm-Scheitelzelle war die senkrechte Wand 3, welche, zugleich mit entsprechenden Wänden in den benachbarten Zellen, die von den Wänden 1 u. 2 begrenzte Scheitelzelle — bis dahin im Ganzen die Stammzelle 3ten Grades — fast in zwei Hälften theilte (XI, 17—21, 1, 2, 3). Die eine dieser Hälften ist die Urzelle des zweiten Blattes, die andere die fernere Scheitelzelle 4ten Grades. In beiden tritt gleichmässig eine von oben und vorn nach hinten und unten schwach geneigte oder beinahe horizontale Wand 4 auf, die mit 1 fast gleichlaufend unter schiefem Winkel auf 2 trifft. Später erscheint diese stärker herabgekrümmt. Auf diese folgt dann eine entgegengesetzt gegen 4 geneigte mit 2 gleichlaufende Wand 5.

Doch geht dieser Theilungsprocess langsam vor sich, und wird von der Theilung in den benachbarten Zellen überholt, zumal von der im Blatt, welche zuvörderst am schnellsten fortschreitet.

Nachdem das Blatt durch die senkrechte Wand b^2 in zwei nebeneinanderstehende gleiche Hälften getheilt ist, werden diese beiden durch eine gleiche und symmetrische Zellfolge übereinstimmend fortgebildet. Wir sahen schon in beiden die absteigende Wand b^3 auftrefen. Auf diese trifft die seitlich neben der Medianebene verlaufende ein wenig von aussen nach innen geneigte Wand b^4, dann wieder eine fast horizontal liegende Wand b^5, und nun wieder eine fast senkrechte b^6, so dass durch wechselnd nach den drei Richtungen des Raumes laufende Wände immer neue Abschnitte von der Blatt-Scheitelzelle abgegliedert werden. Die von b^4, b^5, b^6 gebildete Zelle ist die Blattzelle 5ten Grades. Die Blatt-Abschnittszellen werden ihrerseits ebenfalls durch einander kreuzende Wände getheilt, die ähnliche Richtung mit den ersten Theilwänden haben. Nur in der ersten senkrechten Abschnittszelle jeder Blatthälfte, die von den Wänden 0, b^2 u. b^3 begrenzt wird, zeigt sich erst eine nahezu horizontale obere, dann eine schiefe nach hinten geneigte untere Wand, die mit den Wänden 0, 1 u. b^3 zusammen eine schiefwinklige innere Zelle einschliesst; diese wird zur Urmutterzelle des Blattgefässbündels (21a, gz).

In der Wurzel ist inzwischen auf die zwei schiefen geneigten Wände w^2 u. w^3 eine dritte, der absteigenden ersten Wurzelscheidewand w^1 ähnlich laufende doch auch bogig gekrümmte Wand w^4 gefolgt, die mit w^2 u. w^3 eine dreiseitig pyramidale Mittelzelle mit gewölbter nach hinten, aussen und etwas aufwärts gekehrter Grundfläche als fernere Wurzel-Scheitelzelle herausschneidet (21 a und h). Diese Zelle theilt sich schnell in ein neues inneres tetraëderartiges und in ein äusseres calottenförmiges Stück; jenes bleibt Scheitelzelle, dieses ist die Mutterzelle der späteren Wurzelhaube (20, 21, wh). Die Wurzel-Abschnittszellen theilen sich ihrerseits durch wiederholte verschieden gerichtete und geneigte Wände in fernere Theilzellen.

Der als zweite Stamm-Abschnittszelle abgetrennte untere Theil des vorderen unteren Keimquadranten, ist unterdessen ganz ebenso wie die erste Wurzel-Abschnittszelle, d. h. der hintere untere (kleinste) Keimquadrant, durch einander kreuzende, nicht in allen Fällen durchaus übereinstimmende Theilungswände in cuboidische oder polyëdrische Zellen getheilt, welche sich alle in Gemeinschaft zu einem parenchymatischen Körper ausbilden, der, wie schon bemerkt, als sogenannter Keimfuss auftritt, d. h. den Keim an den unteren Theil des Vorkeims nach und nach fest ansaugt, und den Raum des Spo-

ren-Inneren überwölbt (19, 20, 21 a, d und h—k : f). In diesem Stadium sind beide verschieden abstammende Antheile dieses Gebildes als durch die Wand 0 geschieden noch deutlich zu erkennen. Später verwischt sich die Grenze mehr und mehr und sie verschmelzen mit einander. Es charakterisirt sich jedoch dieses ganze Gebilde von jetzt ab immer augenfälliger durch den blasseren und weniger dichten Inhalt seiner Zelle, während das Chlorophyll in den übrigen Theilen des Keimes das dichtkörnige Plasma immer deutlicher färbt (XI, 21 a; XII, 1 a, 2 a).

Wirft man nun auf die Zellfolge des bis jetzt gewonnenen Keimzustandes einen vergleichenden Blick, so gewahrt man, dass von der neutralen Hauptscheidewand 0 an sich das ganze Zellgebäude aus einer nach 3 Seiten hin in wechselnd gegeneinander geneigten Wänden fortschreitenden Theilungsweise constituirt hat, welche am übersichtlichsten, wenn auch nicht in ganzer Vollständigkeit, auf der Ansicht des Profilschnittes (21 a) zu überblicken ist.

Die Urzelle theilt sich in zwei in entgegengesetzter Richtung fortvegetirende Scheitelzellen, die Stammzelle und Wurzelzelle. Wechselnd von vorn und unten sind gegen die neutrale Wand geneigt in der Stammregion die Wände 1, 2, und nach der senkrechten Wand 3 wieder die Wände 4 u. 5, in der Wurzelregion die Wand w^1, auf welche in dreiseitiger Neigung w^2, w^3, w^4 folgen. Verbindet man die Scheitelwölbung der Stamm-Scheitelzelle mit der der Wurzel-Scheitelzelle (s—ws), so hat man die etwas geneigte ideale Richtung der liegenden Hauptaxe des Keimes, dessen Vegetationsgrundfläche die Ebene 0—0 ist. Nach vorn beginnt die Abgliederung von Theilzellen mit einem oberen Stück, dem ersten Blatt, worauf als zweites die vordere Fuss-Abschnittszelle folgt; nach hinten ist die erste Theilzelle eine untere, und ist unmittelbar der hintere Fussantheil.

In diesem letzten Umstand liegt freilich etwas Auffallendes. Bildeten die zweiten Wände 2 und w^1 vielmehr die Urscheidewand, so wäre etwa die dadurch gebildete untere Keimhälfte als eine verkümmerte Axe anzusehen, aus der seitlich eine Knospe entspränge. Dies stimmte dann recht gut mit der bestehenden Theorie. Wäre wenigstens die erste Wand der Keimzelle nicht die senkrechte 0—0 (F. 15, 16), sondern die gebrochene 0—w^1 (16), dann die zweite die absteigende Fortsetzung von 0, die dritte 1, dann 2 u. s. f., so entspränge der gesammte Fuss als erster und dritter Abschnitt aus der Stammhälfte des Keimes. Oder wäre sogar die Folge der gegen die hypothetische neutrale Wand 0—w^1 geneigten Wände: 1, 2 u. s. w.,

und die untere Fortsetzung von Wand 0 wäre erst sekundärer Natur, so wäre der Fuss einfach der zweite Abschnitt des Stammes, also etwa ein umgestaltetes zweites Blatt.

Ich habe daher auf die Ermittelung der Folge der ersten Theilungswände die grösste Sorgfalt gewandt und mich schliesslich durch sehr zahlreiche Präparationen zweifellos davon überzeugt, dass in der That die senkrechte Wand 0 die erste ist. Es finden sich nicht allein Fälle (F. 15), wo sie allein existirt, und ohne alle Krümmung von oben nach unten verläuft und die Keimmasse in zwei nur wenig verschiedene Hälften theilt, sondern, wenn der Keim auch schon geviertheilt ist (16), so hängen noch lange die zwei und zwei Zellen der vorderen und hinteren Hälfte inniger zusammen (14a u. b), oder lassen bei geringem Druck weniger weit von einander (13, 20) und bezeugen so ihre Herkunft als Schwesterpaare.

Man muss also vom theoretischen Postulat absehen und das Thatsächliche zulassen, dass der Fuss aus Wurzel und Stengel zugleich stammt, und zwar durch den ersten Abschnitt des Fusses und den zweiten des Stammes hergestellt wird.

Es verliert nun dies sehr an Seltsamkeit, wenn man wahrnimmt, wie demnächst darzuthun ist, dass nicht jeder Stammabschnitt ein Blatt giebt, sondern vielmehr die grössere Zahl derselben blattlose Internodialstücke bildet. Somit ist der vordere Fussantheil der auf das erste Blatt folgende erste Internodialtheil, ein, wenn man so sagen darf, „parakotyler“ Axentheil, während der hintere aus der Wurzel-Urzelle stammende Fussantheil als Fortsetzung davon eine Art von „hypokotylem“ Axentheil vorstellt.

Daraus und überhaupt aus der gesammten ersten Theilung erhellt zugleich, dass kein Grund vorhanden ist, das erste Blatt nicht als ein wahres Keimblatt (Cotyledon) zu betrachten, was durch seine Eigenartigkeit in morphologischer und topischer Hinsicht demnächst noch seine Bestätigung finden wird. Auch haben dies erste Marsilia-Blatt schon E. Fabre und Dunal, und das entsprechende von Pilularia schon C. Müller, Schleiden und Mettenius so genannt.

Der Vergleich der letzterwähnten Figurenreihe (XI, 21) unter sich und mit den vorhergehenden (17—20) wird die besprochenen Einzelheiten in Uebersicht erkennen lassen, ohne dass es nöthig wäre, Ort und Richtung aller auftretenden Wände im Einzelnen noch genauer anzugeben. Die Unterschiede, die zwischen den oberflächlichen perspectivischen Ansichten des Keims und den Durchschnitten hervor-

treten, geben über die schon jetzt sich zeigenden Abweichungen zwischen äusseren und inneren Zellen den genügenden Aufschluss.

Wie schon gesagt eilt jetzt das Blatt den anderen Keimtheilen in der Entwicklung voraus, und zumal durch eine lebhafte Theilung seiner ersten Abschnittszellen, in denen mehrfache Generationen äusserer und innerer Zellen zu schneller Entwicklung gelangen, und zwar besonders die äusseren, die desshalb eine nahezu cubische Gestalt erhalten, während die entstehenden inneren Lagen sich mehr strecken. Dadurch drängen diese inneren sich keilförmig zwischen die äusseren Lagen der oberen und vorderen Seite, welche ursprünglich (XI, 20, 21 a) senkrecht gegen einander geneigt sind, und bringen sie nach und nach zu immer spitzwinkliger geneigter Lage (XII, 1 a, 2 a, zwischen 0 u. b^3 und 1 u. b^5), die zuletzt in eine nahezu parallele übergeht (XII, 4 a, 5, 7). Entsprechend wird der erst rechte Winkel, den die Scheidewände 0 u. 1 machen, immer stumpfer. Die Scheidewand b^3 verliert ihren Parallelismus mit 0, reckt sich im unteren Theil längs der Blattaxe, bleibt oben nach aussen gebogen und wird hier mit der Wand b^5 weit von ihrer ursprünglichen Stelle, die sie in der Nähe von 0 u. 1 inne hatte, entfernt (siehe dieselben Figuren). Die inneren Zellen theilen sich noch einigemal in die Länge, nur selten in die Quere, und zumal die Tochterzellen der mit gz bezeichneten Zelle (XI, 21 a; XII, 1 a) entwickeln sich zu Mutterzellen des Gefässbündels (XII, 2 a, 4 a, 5, 7).

Die Scheitelzelle des ersten Blattes bleibt als solche nicht lange thätig und behauptet ihren erkennbaren Charakter kaum über den 7ten Grad hinaus. Ihre letzten Abschnitte theilen sich nur träge und wenig; sie strecken sich gemeinsam bis zu bedeutender Länge, und bilden die lang ausgezogene fadenförmige Spitze des im Ganzen sich zu walzenförmiger Gestalt ausbildenden ersten Blattes. Die älteren Scheidewände sind hier dann später zwischen den jüngeren nicht mehr herauszuerkennen. Das Gefässbündel erstreckt sich seinem Ursprung gemäss niemals in diese Spitze hinein. Während aber später schon die ersten Gefässe selbst sich aus ihren Mutterzellen zu bilden beginnen, verharrt die ganze Blattbasis noch lange im cambiösen Zustand und in lebhafter Zellvermehrung (XII, 7), die erst spät erlischt. Durch wiederholte Theilung der parenchymatischen Zellen einer mittleren Lage ausschliesslich in radialer Richtung entstehen die grossen Luftgänge zwischen dem äusseren Parenchym und dem Gefässbünlel mit seiner Scheide (XIII, 10).

Nächst dem Blatt ist es die Wurzel, die sichtlich an Ausbildung

gewinnt, und zwar in sehr einfacher Weise. Wir sahen schon durch zwei gegeneinander geneigte obere und eine darauf folgende untere Theilungswand eine Scheitelzelle ausgesondert und von dieser die erste Kappenzelle abgeschieden werden. Während die Abschnittszellen sich nach und nach durch zahlreiche Wände, die jetzt noch strahlig vom Scheitelpunkt nach der Wurzelbasis auseinanderlaufen, später jedoch der sich streckenden Wurzelaxe parallel werden, gleichmässig zerstückeln (XII, 1 b, 2 a, 4 a, 5), viertheilt sich die Kappen-Mutterzelle durch kreuzweis gestellte Wände (XII, 1 a, b; 2 a 4 a : wh). Jede dieser vier Zellen theilt sich durch eine der Peripherie gleichlaufende Wand ferner, dann zerlegen sich die äusseren Zellen radial (4 b, wh), und zuweilen auch wohl noch die inneren (3 c).

Dieser ganze Vorgang wiederholt sich aus der Scheitelzelle her; neue 3 basale Abschnittszellen geben eine Scheitelzelle wiederum höheren Grades, die abermals eine Kappenzelle gegen die erste hin abscheidet. Während die Basalzellen sich recken, die äusseren sich in kürzere, die inneren in längere Theilzellen höherer Generationen zerlegen, arbeitet die Scheitelzelle Schritt für Schritt durch parallel gegen die schon fertigen abgeschiedene neue Abschnittszellen fort, und zwar nach innen zu natürlich an sekundären Zellgenerationen ergiebiger als nach aussen. In Fig. 5 hat die Zellerzeugung den zweiten Umgang vollendet. In Fig. 7 ist aus der Scheitelzelle (ws) die dritte Kappen-Mutterzelle abgeschieden, die noch dünnflüssigeren Saft führt, während die älteren Kappenzellen sich durch ihren dichten undurchsichtigen Inhalt unter allen anderen Zellen auszeichnen (wh). Die älteren Zelllagen sind schon nicht mehr abzuzählen.

Hier sieht man auch die erste Anlage eines Theils des Wurzel-Gefässbündels in Gestalt eines Stranges langgestreckter feiner Zellen auftreten, die sich mit dem gleichbedeutenden Zellbündel aus dem Blatte vereinigen. In der sich langsamer entwickelnden Stammknospe zeigt sich diese Anlage später auch von jenem Knotenpunkt aus beginnend. Auch dringen von demselben kurze Gefässe aus der Gegend der Vereinigung der Stamm- und Wurzelstränge zwischen die Zellen des Fusses ein, wie sie in ähnlichem Vorkommen als Gefässe der primären Axe angesprochen werden [1]).

Der Fuss, in dessen beiden heterogenen Mutterzellen der Theilungsvorgang zugleich, und zwar, wie schon bemerkt (vgl. XI, 21 a; XII, 1 a, 2 a), nach keinem ganz constanten Gesetz vor sich geht, ver-

1) Hofmeister, Beiträge II. S. 618.

schmilzt bald zu einer gleichmässigen Parenchymmasse von 2—3 Lagen, deren untere sich aus zahlreichen kleinen würfelähnlichen Zellen zusammensetzt, die in einer je länger desto mehr gewölbten Fläche einen oberhalb der Makrosporenöffnung sich bildenden grossen Hohlraum überspannen (XII, 5, 7, f). Die Zellen dieser untersten Schicht verharren noch lange in Theilung; sie bilden ein unterscheidbares Epithelium, lassen lange noch deutliche Zellkerne wahrnehmen und haben offenbar die Aufgabe, das verflüssigte Nahrungsmaterial der Makrospore dem Keim zu überliefern.

Am meisten bleibt der Vegetationspunkt zurück. Er scheidet zwar allmählich neue Cyclen von Theilzellen ab, die sich nach drei Richtungen den fertigen anreihen, doch verharren diese in wenig entwickeltem Zustand (XII, 2 a, 3 a, b, 5 : s). Ihre Folge und Fortbildung soll unten im Zusammenhange geschildert werden.

Der allmähliche Verfolg des Hergangs lässt auch in den vorgeschrittenen Stadien die aus den vier Anfangszellen jetzt hervorgegangenen Theile und ihre verschobenen Grenzlinien meist noch unzweifelhaft erkennen. (Vgl. bes. XII, 5.)

Die Keimentwicklung vollzieht sich der Jahreszeit und dem Culturort gemäss sehr verschieden schnell. Der in Fig. 7 (XII) dargestellte Keim war 5 Tage alt, doch kann er auch schon viel früher diese Ausbildung erreichen. Ein Gesetz lässt sich darüber nicht aussprechen. Durchschnittlich werden die ersten Zelltheilungen am Tage nach der Befruchtung sichtbar. Zuweilen wird schon am zweiten Tage der Keim zum sehr vielzelligen Körper mit spitz vorgezogenem Blatt.

Bisher ist der Vorkeim noch im Stande, dem Wachsthum des Keims zu folgen, oder vielmehr demselben selbstthätig voranzugehen [1]).

Unmittelbar nach der Befruchtung schon sahen wir denselben die bis dahin einfache Schicht seiner Zellen verdoppeln, und diese auch in der Flächenausdehnung vervielfältigen (XI, 11, 12, 13, 23, 24). Später werden sie sogar zum Theil dreifach. Zugleich wird der Vorkeim gemäss der künftigen Gestalt des Keimes länglich, aber nicht immer symmetrisch, vielmehr erscheint oft eine Seite etwas aufgetrieben. Hier heben sich dann die Zellen der oberen Schicht zu kegelförmigen Fortsätzen, die alsbald zu langen einfachen Wurzelhaaren auswachsen [2]). Allmählich greift diese Bildung rings um den Vorkeim. Die Stelle der frühesten stärksten Bewurzelung scheint nicht immer dieselbe zu sein, und mag von der Lage des Vorkeims

1) Vgl. Hofmeister. Beiträge II, S. 614, 615.

2) Monatsberichte der Berl. Akad. 1862 etc.

gegen den Boden abhängen. Diese einfachen Vorkeimwurzeln dienen hauptsächlich zur vorläufigen Befestigung. Mit ihnen legt sich der Vorkeim sicher vor Anker, indem er sie zwischen die Theilchen des Grundes hineindrängt und diese dicht umspinnt, und so gewinnt er einen Halt, um die verhältnissmässig massige erste Wurzel in den Boden schieben zu können[1]). Liegen einige Sporen nahe bei einander, so umstricken sie sich gegenseitig damit, und ziehen auch sonst von fremden Körpern in ihren Bereich, was sie erlangen können.

Der Vorkeim streckt nun über dem Blatt eine kegelförmige Scheide empor, die alle seine Regelmässigkeit aufhebt (XII, 8, 9, 10), und zumal die Archegonium-Mündung (♀) auf eine Seite schiebt. Jene steigt schief nach oben an, während seitlich nach unten eine dickere stumpfere Auftreibung der Wurzel vorangeht. Der Empfängnissöffnung entgegengesetzt liegt am Grunde des Blattes die Knospe verborgen, meist ohne sich äusserlich zu verrathen. Rings um den Keim, bis zum Fuss hinab, findet zwischen ihm und dem Vorkeim keine sehr innige Berührung statt; nur dieser saugt sich immer fester an die ihn dicht umschliessenden Lagen der Vorkeimzellen an, welche jedoch unter der Sohle desselben, selbst auseinander getrieben, einen mehr und mehr sich weitenden Raum lassen, den eben, wie oben bemerkt, das basale Epithelium überwölbt. Während man daher in früheren Stadien den Keim nach kurzer Behandlung mit Aetzkalilösung ganz aus dem Vorkeim hervorziehen kann, so gelingt dies später kaum noch, ohne dass Stücke des Fusses zurückbleiben. Dennoch ist das charakteristische Zellgewebe desselben von den viel grösseren Zellen des Vorkeims leicht zu unterscheiden, die nach und nach die geschlängelte Form cryptogamischer Epidermiszellen annehmen, und sehr grosse Dimensionen erreichen (XIV, 18).

Sonderbar ist die sich zuletzt am ganzen Vorkeim hinauf erstreckende Bildung von kegelförmigen Auftreibungen vieler Ober-

---

1) Lässt man die Keimung in einem Schälchen mit Wasser vor sich gehen, und die Keime darin ihre ersten Blätter und Wurzeln entwickeln, so sind diese nicht mehr im Stande, sich selbst anzuwurzeln, wenn man sie nun auch auf eine vom Wasser überdeckte Erdschicht thut. Sie bringen da wohl leicht ein Paar Blätter und Wurzeln hervor, die sehr lang werden, können sich aber nicht aufrichten und verkommen bald, wenn man sie nicht künstlich einpflanzt. Bei einer Aussaat jedoch liess ich die ganze Entwicklung von vorne an in Blumentöpfen, die mit Sand bedeckte Erde enthielten und im Wasser standen, vor sich gehen, und es gelang in sehr kurzer Frist fast sämmtlichen Keimen sich ohne Hülfe festzuwurzeln und schon nach wenigen Tagen ihre Blattspitzchen aus dem Wasser hervorzustrecken.

hautzellen, die — gewissermaassen als Consequenz der Wurzelhaarbildung — oft ziemlich lang hervortreten (XII, 15)[1]).

Endlich überholt das rapidere Wachsthum des Keimes, dem der ganze Sporeninhalt zu Gebote steht, den Vorkeim, der bald vom Blatt, bald von der Wurzel zuerst durchbrochen wird (XII, 10, 12, 15). Dem Durchtritt der dicken Wurzelspitze geht die auffallende Erscheinung vorher, dass die erst mehrfache Lage der Vorkeimzellen, die sie überdeckt, sich nach und nach vereinfacht und verjüngt, bis nur noch eine einfache Schicht von Zellen übrig ist, die nach dem Scheitel der Wölbung zu, indem sich dieser streckt, immer dünner werden. Endlich lassen die Zellen selbst von einander und man sieht die Decke des Gewölbes nur doch durch eine structurlose Membran hergestellt, die die Lücke überspannt. Dieselbe sieht aus, als ob sie aus einer äusseren und einer inneren Lamelle, von der Aussen- und Innenfläche des Vorkeim-Zellgewebes her bestände, die zusammenhaltend sich noch dehnen, während die Zellen zwischen ihnen, nachdem sie sich so lange wie möglich gestreckt haben, nun dazwischen zurückbleiben. Und es ist dies ein Zeugniss für die Fortexistenz einer allgemeinen den Vorkeim umhüllenden einfachen Membran, deren Ursprung füglich nur in der Haut der Mutterzelle, innerhalb der der Vorkeim sich erzeugt hat, und die man, wie oben erwähnt, beim Freipräpariren jüngerer Vorkeime leicht zu sehen bekommt (XI, 11, 12, 13), gesucht werden kann. Und man findet sie dann auch auf anderen Stellen vollwüchsiger Vorkeime hier und dort in Lappen sich lösend oder die Kegelfortsätze der Oberhautzellen locker überspannend deutlich erkennbar wieder. Sie bewahrt mithin ihre Vitalität merkwürdig lange.

In ähnlicher Weise, ist auch die Mutterzellhaut des Keimes selbst lange noch, wenn dieser sich schon zum vielzelligen Körper herangebildet hat, als einfache über alle Zellen gleichmässig hinwegziehende continuirliche Membran unzweifelhaft zu erkennen (XI, 13, 15, 16, 19, 20, 21), und überzieht denselben sicher noch sehr lange in weniger trennbarer Cuticulargestalt.

Vorkeime, deren Keimkörper unbefruchtet bleibt, wachsen lange Zeit selbständig weiter, und bilden sich zu seltsam verbreiterten, oft beckenförmigen, oder verschieden lappigen Gestalten aus, auf deren

---

1) Diese und manche andere untergeordnete Eigenheiten im Zellgewebe der Vorkeime und Keime durch die verschiedenen Arten der Gattung vergleichend zu beobachten, dürfte noch zu interessanten Ergebnissen führen. Doch überschritt das die Grenzen dieser Arbeit.

Scheitel das unbefriedigte Empfängnissorgan noch lange sichtbar bleibt, wie ich schon anderen Orts[1]) genauer geschildert habe.

Mit dem Durchbruch des Keimes und der nun beginnenden Verkümmerung des Vorkeims ist die eigentliche Keimung vollendet, ob sich gleich der Keim noch lange mittelst seines jetzt stark gewölbten Fusses an dem am längsten ausharrenden unteren Theil des Vorkeims und durch dessen in der Spore fest steckenden Basaltheil an dieser festhält, um die erst sehr viel später allmählich sich erschöpfenden Nahrungsvorräthe auszunutzen.

6. Fortbildung der Stammknospe.

Es ist schon berichtet, dass, nachdem die Stamm-Scheitelzelle dritten Grades (XI, 17, 5) sich durch eine senkrechte Wand in zwei Hälften, d. h. eine neue Scheitelzelle vierten Grades und eine ebenso gestaltete neben ihr liegende Urzelle eines zweiten Blattes (XI, 19 c, 5) getheilt und hierdurch der Keim seine bis dahin vollkommene Symmetrie zwar nicht dem Ansehen aber der Bedeutung der Theile nach momentan eingebüsst hat, in der neuen Scheitelzelle zunächst eine mit ihrer oberen Wand parallele entsteht (XI, 20, 21 a, b, c; XII, 1 a : 4), auf die eine eben solche untere Wand folgt (XII, 2 a u. b, 3 a u. b : 5). Die nächste Scheidewand 6 ist dann wiederum senkrecht, mit der ersten senkrechten, 3, parallel (XII, 2 b, 3 a : 6). Die Wände 4, 5, 6 verjüngen die Scheitelzelle vierten Grades zu einer desgleichen siebenten Grades, die jener ähnlich ist, ohne dass hiermit ein neues Blatt angelegt würde. Die drei neuen Zellen haben nur den Werth von Interstitialzellen, und theilen sich gewöhnlich zuerst ihrer grössten Ausdehnung parallel in zwei gleiche Scheibenzellen (XII, 2 a, b, 3 b : zwischen 1 u. 4, 2 u. 5) und diese theilen sich wieder in gewohnter Weise nach verschiedener Richtung, um die Masse der Axe herstellen zu helfen, in innere und oberflächliche Zellgenerationen. (XII, 3 a, 5; XIII, 1, 2).

Jedoch findet in der zweiten Blatt-Mutterzelle zu gleicher Zeit oder unmittelbar darauf eine anfänglich gleiche Zertheilung statt, so dass die äussere Symmetrie noch zuvörderst erhalten bleibt. Erst etwas später wölbt sich dann die Blatt-Scheitelzelle mehr aufwärts, die Axen-Scheitelzelle mehr vorwärts.

Die oberen Wände dieses Systems, d. h. No. 1 u. 4 erscheinen

---

1) Monatsberichte etc. 1862, S. 116, F. 20 — 22.

sowohl von vorn nach hinten als auch von der Medianebene des Keims nach den Seiten zu merklich gewölbartig herabgekrümmt, was für das Verständniss ihrer Projektion auf die verschiedenen Durchschnittsansichten zu beachten ist. Indem jedoch die Scheitelzelle weiter vorquillt, werden die Oberwände mehr und mehr zu Hinterwänden derselben (XIII, 1—8).

Es tritt demnächst nun eine Theilungswand 7 auf (XIII, 2, 5, 6, 7), die an der senkrechten 6 ansetzend und unter und vor der Hinter- und Oberwand 4 hinziehend, sich nach der äusseren Seite zu mehr und mehr von dieser entfernt, und nach hinten sich schneller herabkrümmt. Das dadurch von der Scheitelzelle abgetrennte voluminöse Stück wölbt sich alsbald aufwärts hervor und zeigt sich als dritte Blatt-Mutterzelle, in der sofort die ferneren Scheidungen wie in der zweiten vor sich gehen.

Dadurch liegt jetzt wieder die nunmehrige Stamm-Scheitelzelle achten Grades, von ihrer gewölbten Aussenfläche an betrachtet (XIII, 5), zwischen zwei Blattanfängen (XIII, 5, 6, 7), und die Symmetrie des Ganzen ist nun dem Werthe der Theile nach wieder hergestellt. Aber nicht völlig der Form nach. Denn das zweite Blatt ist stets in seinem Wachsthum dem dritten voran, ragt höher hinauf, und drängt mit seiner massigeren Basis die Knospenzelle stärker zur Seite als dieses. Es zeigt sich das besonders in der verschiedenen Profilansicht dieser Theile (XIII, 4a, b, c). Denkt man sich jetzt, der nunmehrigen natürlichen Lage folgend, das erste Blatt aufrecht gestellt, so wird die Knospe durch jene Ungleichheit der ersten Blätter gezwungen, in ihrer Fortentwicklung etwas schräg von der Vorderfläche des ersten Blattes fortzustreben, ob sie gleich von Hause aus ihrem Ursprung nach genau symmetrisch ansetzt. Daher die nachmalige scheinbare Asymmetrie in der Stellung des ersten Blattes und der ersten Wurzel zur Hauptaxe.

Von jetzt ab, schon während noch der Vorkeim als geschlossene Scheide die Mitte des Keimes umgiebt, beginnen besonders die oberflächlichen Zellen von der Bauchseite der entstehenden Axe her sich zu Haaren auszudehnen, die am Grunde quer angesetzt und daher starr aufrecht alsbald die Knospe dichter und dichter bedecken. Dieser Umstand macht von nun an dieselbe immer schwieriger der Beobachtung zugänglich. Sie hindern die sichere Richtung von feinen Schnitten, so dass man sich auf solchen nicht orientiren kann, und gezwungen, die Knospe erst von ihnen zu befreien, verletzt man wieder deren zartes Gewebe leicht. Beim entwickelten Stämmchen

sind alle Knospen von so dichtem Filz umhüllt, dass dies Hinderniss öfter unüberwindlich wird. Das Beste bleibt daher auch hier, die Knospe möglichst isolirt herauszuschneiden, mit Kali zu behandeln, und durch Rollen allseitiger Beschauung zugänglich zu machen.

In den ersten Stadien erlangte ich dadurch meist genügende Bilder, weil die Scheitelzelle im Ganzen sich weniger über die Nachbartheile heraushebt. Je länger aber, desto spitzer wird der Vegetationskegel, und man erhält dann wohl noch gute Profilansichten, aber keine genügenden von der Scheitelrichtung aus, weil die Seitenzellen sich auf dieser stark verkürzen und die zu schief ansetzenden Wände sich leicht der Wahrnehmung entziehen. Dabei wird der hohe Hügel bald nicht durchsichtig genug, bald zu verletzlich[1]). Dennoch habe ich schliesslich aus sehr zahlreichen Einzelbeobachtungen die Gesammtanschauung gewonnen, dass die fernere Zellbildung aus der Stamm-Scheitelzelle in ganz gleicher Weise fortfährt.

Man bemerkt bald, dass die folgenden Blätter sich an der Axe vor das zweite und dritte in zwei Reihen stellen, in denen sie untereinander alterniren (XIV, 15). Es lag daher nahe, diese Stellung aus einer zweischneidigen Gipfelzelle hervorgegangen zu denken, wie solche Hofmeister[2]) z. B. bei manchen Polypodien und anderen Farnen gefunden hat. Allein dem ist nicht so. Vielmehr erfolgen nach der oben geschilderten Ziehung der siebenten Scheidewand, welche das dritte Blatt abgrenzt, neue Cyclen von Wänden, die den schon angelegten sich anreihend in dreifachem Wechsel nach unten, links und rechts geneigt sind (8, 9, 10, 11, 12, 13 u. s. w.) und immer wieder eine neue tetraëdrische Scheitelzelle zwischen sich lassen, wie es das Schema, Fig. 5 auf Taf. XIV angiebt. Die Figuren

---

1) Es wäre freilich nicht schwer gewesen, entsprechende Totalansichten, welche mir bisher kein einziges Einzelpräparat hat bieten wollen, aus Theilbildern zu combiniren, und der theoretische Werth solcher etwas schematisirten Darstellungen ist keineswegs zu verkennen. Ich habe mich aber dennoch nicht dazu entschliessen können, sondern mich begnügt, nur wirkliche Portraitbilder zu geben, weil es nur so möglich ist, auch noch eine spätere Kritik von jedem Präjudiz so viel als möglich frei zu halten. Freilich ist so nicht zu vermeiden gewesen, dass man auf mancher Figur diese oder jene Linie, die man eigentlich sehen müsste, aus perspectivischen Gründen, oder wegen irgend einer lokalen Inhaltstrübung nicht zu sehen bekommt, oder dass auch einmal eine scheinbar überzählige von hinten durchblickt. Allein die Vergleichung aller dieser partiellen Ansichten, die so genau als möglich gezeichnet sind, wird dennoch das erreichbar gewesene Gesammtergebniss ebenso ins Licht setzen. Dasselbe ist schliesslich in einer rein schematischen Darstellung zusammengefasst. Vielleicht führen fortgesetzte Bemühungen an anderen Arten dieser Gattung zu noch vollkommenerem Resultat.

2) Beiträge II. S. 652 u. a. a. O.

9—14 (XIII) und 6 (XIV) geben einzelne Anschauungen der fortschreitenden Entwicklung, in verschiedener Richtung betrachtet, in denen die Anlage bis zum vierten Blatt gelangt. Das einfache bei jedem neuen Blatt wiederkehrende Verhältniss der Scheitelzelle zu den jüngsten Blatthügeln ergiebt sich am klarsten aus dem Vergleich der Zustände, die Fig. 7, Taf. XIII und Fig. 4, Taf. XIV darstellen.

Wie viel Interstitialzellen zu entstehen haben, bis nach dem dritten die Mutterzelle eines neuen Blattes folgt, ist mir nicht zu ermitteln gelungen, und ebensowenig, wie sich das Zahlenverhältniss am älteren Spross gestaltet. Man bekommt in früheren Zuständen keine genügend grosse Anzahl von kleineren Blattanfängen zugleich in Uebersicht, um ein Gesetz zu folgern, da die vorletzten zu schnell heranwachsen, und damit die Ursprungs-Zellabschnitte nicht mehr unterscheidbar bleiben. Doch ist mir kaum zweifelhaft, dass die Zahl der Zwischenzellen gemäss der temporären Ueppigkeit des Wachsthums veränderlich ist.

Alle Blätter jedoch entstehen lediglich aus den beiden Zellschichten, die seitlich und zugleich etwas geneigt nach oben gewendet sind, keins aus der unteren Lage, die nur Internodialzellen und sodann aus diesen Wurzelanfänge liefert.

Ansichten, wie sie die Knospen erwachsener Marsilia-Stämmchen liefern, bestätigen durchaus das aus den Keimen gewonnene Gesetz. Allein die Theile, die hier zart und wenigzellig angelegt werden, sind dort massige Zellkörper. Die gewaltige schnell voraneilende Entwicklung der an der oberen Wölbung des Stammes entspringenden Blätter (vgl. XIV, 15, 17) drängt die Gipfelknospe scheinbar an die Unterseite desselben herab, von wo aus sie durch Haare versteckt wird.

Dennoch lehrt ein Längsschnitt, horizontal durch einen wachsenden Spross geführt, das ganze Stellungsgesetz der Theile aufs Klarste (XIV, 1). Rechts und links wechseln die Stümpfe abgestorbener oder entfernter Blätter ab, deren jedes eine Knospe in seiner Achsel zeigt und zwar etwas schief nach der Bodenseite des Sprosses gerichtet. Der Gipfel trägt gedrängt die jüngsten Blätter in grösserer Zahl (XIV, 1, 2), die nach Farnenart eingerollt und von Haaren umhüllt den Vegetationspunkt zwischen sich tief verborgen halten. Durch Schnitte, die bald näher dem Rücken, bald näher der Bauchseite des kriechenden Sprosses, horizontal oder senkrecht gegen die Axe laufen, überzeugt man sich, dass sämmtliche Blattansätze auf dem Rücken einander genähert sind, die Bauchseite also einen

grösseren Theil des Stengelumfanges umfasst, und auf diesem ausschliesslich alle ferneren Wurzeln hervorbringt.

Dasselbe zeigt die genauere Betrachtung des Sprossscheitels (XIII, 15, 16; XIV, 1, 2, 3). Man sieht den Vegetationskegel in der Seitenansicht aus alternirenden Zellscheiben aufgebaut, welche die aufeinanderfolgenden Abschnitte der Scheitelzelle sind. Die jüngsten Blätter nehmen deutlich aus einzelnen derselben ihren Ursprung, und zeigen dabei nicht allein in der symmetrischen Ansicht von oben (XIII, 15), sondern noch klarer in der Profil- oder Halbprofilansicht (XIII, 16; XIV, 3), dass die ersten Blattanfänge schon auf einer Axenseite näher, im Ganzen etwa um den dritten Theil des Axenumfangs von einander entfernt sind. In Fig. 3 (XIV) verräth zugleich die nicht symmetrische Stellung der Blätter zu den Zellreihen, die den Stammgipfel zusammensetzen, dass solcher Reihen nicht bloss die beiden sichtbaren existiren, sondern ausserdem noch eine hinten liegende dritte vorhanden ist.

Ueber das Fortwachsen solches Gipfels ist daher im Allgemeinen kaum noch ein Wort den Bildern hinzuzufügen nöthig. Die Abschnittszellen theilen sich durch gekreuzte Wände aussen in kürzere, innen in längere Theilzellen, deren Schichten erst spitzwinkelig oder rechtwinkelig auf einander stossen, später in parallelere Lagen übergehen, wie schon oben aus Blatt und Wurzel geschildert ist. Den Gipfel behauptet auch ferner eine nahezu tetraëdrische Zelle, deren Wände jedoch so stark gewölbt sind, dass sie von oben betrachtet fast sphärisch erscheint.

Eine Gabelung des Gipfels ist mir niemals vorgekommen, obschon manchmal eine Achselknospe so nahe demselben zu kräftiger Entwicklung kommt, dass es äusserlich wie solche aussehen kann. Genauere Untersuchung lässt jedoch nirgends Zweifel, dass alle Seitenknospen dieser Pflanzen ihrer Stellung nach wahre Achselknospen sind, wenn sie auch, wie gesagt, von Anbeginn an dem unteren Rande der Achsel („bodenseits") auftreten, wie schon Mettenius [1]) im entwickelten Zustand bemerkt hat. Denn ob dieselben am Grunde der Blätter, bei denen sie erscheinen, unterhalb der Spitze des Vegetationskegels früher oder später sichtbar werden, als die nächst jüngere Blattanlage, ist doch sicher nicht massgebend, wenn einmal die Anlage zu ihnen in einer bestimmten Zelle von Anbeginn gegeben ist. Sie sind völlig mit demselben Recht Achselknospen wie die

1) Mettenius, Seitenknospen der Farne S. 618.

gleichnamigen Gebilde der Phanerogamen, wie denn überhaupt die Mettenius'sche Ansicht[1]), dass die axillaren und extraaxillaren Seitenknospen der Farne keineswegs mit Hofmeister als lauter Adventivknospen, sondern als reguläre Seitenknospen aufzufassen seien, — wenn sich immerhin im Einzelnen um die Abgrenzung beider Begriffe noch streiten liesse, — dennoch, trotz der von Hofmeister neuerdings wiederholt versuchten Begründung[2]) seiner Auffassung, allgemeinere Geltung behalten wird, wenn man erwägt, dass eine Knospe nicht als eine „adventive" zu betrachten ist, welche an regelmässigem durch die Blattstellung bestimmbarem Ort, getrennt oder mit dem Blatt verbunden, aus irgend einer Theilzelle, gleichviel ob ersten oder n^{ten} Grades, aus der Axe hervorgeht.

Will man aber nur solche Knospen als Seitenknospen betrachten, die aus einer „Gabelung" des Gipfels hervorgehen, und damit zugleich alle regulären Seitensprosse auf eine Gabelung des Gipfels zurückführen[3]), so ist darauf zu erwiedern, dass freilich sowohl Blätter als Knospen aus der Theilung einer Gipfelzelle in letzter Instanz hervorgehen müssen, dass jedoch von Gabelung nur die Rede sein kann, wo die Gipfelzelle selbst sich nicht, wie überall die Norm, durch eine excentrische Wand in eine fernere Gipfel- und eine Seitenzelle theilt, sondern wo sie sich durch eine in der Axe selbst stehende Scheidewand in zwei völlig congruente und symmetrische Hälften zerlegt und dadurch ihre Alleinherrschaft aufgiebt und zwei genau symmetrischen Zwillingssprossen die Entstehung giebt. Letzter Fall ist gewiss im ganzen Pflanzenreich nur der seltnere Ausnahmefall. Bei den Phanerogamen sind wir zwar bis zur Scheitelzelle nur noch selten gelangt, doch sind die jungen Anlagen von Blättern und Knospen neben und unter dem Gipfel früh genug zu sehen, um erkennen zu lassen, dass sie vom Haus aus excentrisch und dem Gipfel ungleichwerthig sind. Und müsste man mit den Knospen natürlich auch die Blätter selbst als Gabeläste des Gipfels auffassen. Bei den Kryptogamen aber kennen wir Scheitelzell-Entwicklungen genug, um mit Sicherheit schon die Urzelle der Blätter und Seitenknospen als Seitenzelle, und jene somit als normale Seitengebilde zu erkennen. Jene Herleitung scheint mir daher den

---

1) Mettenius, Seitenknospen der Farne, Abhandl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. VII, 611 sq.

2) Pringsheim's Jahrbücher III, S. 278.

3) Pringsheim, in Bot. Zeit. 1853, S. 609. — Irmisch, ebend. 1855, S. 61.

bisher bekannten Thatsachen nicht zu entsprechen, und wäre zumal, wie gesagt, für Marsilia entschieden unzutreffend, wo ich weder symmetrische Spaltung der Scheitelzelle noch irgend eine Adventivknospe gefunden habe.

Mit der Anlage neuer Blätter hält die neuer Wurzeln Schritt, oder überholt sie vielmehr in der Zahl bedeutend, und zwar schon in ganz jungen Pflänzchen.

Die zweite Wurzel tritt an der Flanke der Bodenseite der Stammknospe so auf, dass sie in ihrer Richtung der des zweiten Blattes (ersten Laubblattes) sich fast entgegensetzt, und nahezu unter der Basis des dritten erscheint. Aehnlich erscheinen die folgenden im Verhältniss zu den späteren Blättern, doch eben nicht ganz regelmässig, weil die Zahlen nicht stimmen und neue Adventivwurzeln zwischen den älteren nachkommen. Die Wurzeln bilden zwei fortlaufende Reihen seitlich an der unteren Fläche des Stammes, wie die Blätter näher seinem Rücken. Jede geht aus einer in einer tieferen Schicht gelegenen Urzelle hervor, die sich nach demselben Theilungsgesetz, wie die Anfangszelle der ersten Wurzel fortentwickelt.

Stellt man sich nun das Stellungsverhältniss der Theile zur Axe vor, so ergiebt sich, dass das erste Blatt allein eine rein dorsale Stellung behauptet, und von der ganzen Oberseite des Stammtheiles der Keimpflanze seinen Ursprung nimmt, und zugleich in sich stielrund und symmetrisch aus zwei gleichen Längshälften zusammengesetzt ist. Die ferneren jedoch entspringen wechselnd rechts und links, nach oben genähert, d. h. in Zifferwerthe übertragen, die Divergenz zwischen dem ersten und zweiten Blatt ist nicht ganz $\frac{1}{4}$ (oder genau genommen zuerst $\frac{1}{4}$, später zu $\frac{1}{6}$ auf dem kurzen Weg verringert) und die zwischen allen ferneren constant $\frac{1}{3}$ (oder $\frac{2}{3}$ auf dem langen Weg) mit stets umschlagender Richtung der Entwicklungsspirale. Die anfängliche Wendung, vom Keimblatt zum ersten Laubblatt, ist bald rechts, bald links; ob eine Richtung und welche überwiegt, bleibt noch zu ermitteln.

Freilich ist diese Stellung in der Zelltheilung genau vorgezeichnet, aber bemerkenswerth ist, dass die Zellfolge selbst sich schnell zu beständiger gleichlaufender $\frac{1}{3}$-Spirale regelt, während die Blätter in umsetzender verharren. Alle folgenden Blätter, vom zweiten an, zeigen Spreitenbildung und sind mit der oberen Seite derselben einander zugekehrt und entsprechend eingerollt. Ich finde in der Aus-

nahmestellung und Ausnahmegestaltung des ersten Blattes eine Bestätigung seiner Cotyledonar-Natur[1]).

Auch lässt sich nicht in Abrede stellen, dass die erste ebenfalls völlig symmetrisch gestellte Wurzel ähnlich von allen übrigen abweicht, und ich möchte daher zur Erwägung geben, ob in der That für diese Pflanzengattung noch hinreichender Grund bleibt, dieselbe statt für eine wirkliche Hauptwurzel nur für die erste Adventivwurzel zu halten. Sie liegt mit ihrer Axe in der directen Verlängerung der Stammaxe, und die Richtung der ersten sie von dem Fussantheil trennenden Wand spricht nicht dafür, diesen als Hauptstück und ihre Urzelle als Seitenabschnitt der gemeinsamen Mutterzelle aufzufassen. Ob aber lediglich die Analogie mit verwandten Pflanzen zur Aufrechthaltung der geltenden Annahme bei mangelndem concreten Grund genügen kann, dürfte doch bezweifelt werden können. Mit der liegenden Hauptaxe scheint mir daher eine sehr einfache Anschauung der Keimmorphologie vereinbar zu sein. Doch mögen erst noch mehr vergleichende Untersuchungen verwandter Fälle die Sache spruchreif machen.

7. Blattentwicklung.

Das Keimblatt der Marsilien bleibt stets einfach fadenförmig ohne alle Spreitenbildung. Es wird nur wenige Linien bis etwa einen halben Zoll lang, streckt aber dennoch schon gern seine Spitze über die Wasserfläche heraus. In den folgenden Blättern kommt schrittweis die Spreite zur Ausbildung, doch muss erst eine ganze Zahl erscheinen, ehe die vollkommene gegliederte Gestalt des gevierten Marsilia-Blattes zu Stande kommt. Die Abbildung (XIV, 15) einer jungen Pflanze von M. salvatrix zeigt eine solche Entwicklungsfolge. Schon E. Fabre[2]) deutet eine übereinstimmende Folge der Blätter von M. pubescens an.

Man sieht hier die drei ersten Laubblätter mit lanzettlicher Spreite erscheinen (15, 2, 3, 4), die nächsten zwei (5, 6) mit zweitheiliger, dann zwei mit viertheiliger (7, 8), dann eins, bei dem die Theilung auf dem Uebergang zur Gliederung steht, und dann erst tritt mit dem zehnten und elften Blatt eine vollständige Gliederung

1) Nach Mettenius, Rhizocarpeen S. 40 steht bei Pilularia zwar das Keimblatt mit in der Reihe der zweizeiligen Laubblätter, doch ist dies vermuthlich nur eine scheinbare, sekundäre Wendung desselben.

2) A. a. O. S. 227.

auf, bei jenem noch mit ungleichen Blättchen. Ueberall diesem Beispiel ähnlich, vollzieht sich die Formentfaltung doch unter untergeordneten Zahlunterschieden der Blätter jeder Stufe. Auch treten die ersten gegliederten Blättchen sehr häufig nur mit gepaarter, nicht schon gevierter Spreite auf.

Mit der vollkommenen Gliederung der Spreite gewinnt die Blattbildung jedoch sogleich eine andere Physiognomie und die Pflanze tritt in das Stadium des Erwachsenseins. Denn jene Jugendblätter mit ungegliederter, erst ganzer, dann getheilter Spreite tragen dieselbe von Anbeginn steif aufrecht auf kurzen verhältnissmässig kräftigen Stielen. Niemals ist sie eingerollt, nur im Zustande der Anlage etwas eingekrümmt (XIII, 14, b^2). Sie werden alle nicht gross, etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll hoch, und bleiben daher, wenn der Boden höher mit Wasser überdeckt ist, ganz unter demselben, wo sie frisch und lange fortvegetiren. Die vollkommenen Blätter dagegen schiessen mit dünnerem, schlankem Stiel schnell auf, suchen unter allen Umständen die Wasseroberfläche, und tragen die noch lange eingerollte und unentwickelte Spreite gern weit über diese empor, um sie in der Luft zu entfalten. Nur bei schwächerem Wuchs lassen sie die vier Blättchen ausgebreitet schwimmen. Die ferneren Blätter nehmen noch lange fort und fort an Grösse in allen Theilen zu, indem jedes folgende das vorhergehende übertrifft. Zuletzt hängt endlich die Grösse von dem Standort ab, und ist nicht allein bei derselben Art, sondern sogar bei derselben Pflanze ausserordentlich veränderlich, zwischen wenigen Zollen und Fusseslänge, je nachdem dieselbe trocken oder im Wasser steht. Damit harmonirt die Streckung der Internodien, die bald zwischen dicht gedrängten Blättern und gehäuft entwickelten Achselknospen unsichtbar bleiben, — wie die ersten z. B. stets (XIV, 15), — bald viele Zoll weit am Boden des Wassers vorwärts schiessen, ehe sie ein Blatt entrollen, und sich zugleich aus dessen Knoten wieder anwurzeln. Die Marsilien sind sehr dauerhafte Pflanzen, den verschiedensten Umständen sich anzupassen fähig.

Die Bildung und Entwicklung des Keimblatts ist schon oben geschildert, und es bleibt nur hinzuzufügen, dass schliesslich an seinem oberen Theil sich einige zerstreute Spaltöffnungen zu entwickeln pflegen (XII, 7; XIV, 14 : spa), die es zum Luftathmen befähigen. In einem Fall sah ich eine solche unmittelbar auf der Spitze des Blattes (XIV, 13). — Sonst sieht man den borstenförmigen feinen Ausgang derselben oft chlorophyllarm, und zuweilen verschrumpft. Auch eine eigenthümliche spiralige Drehung desselben habe ich öfter wahr-

genommen, wie sie die Abbildung (XIV, 14) zeigt, und wie sie nach Mettenius auch bei Pilularia vorkommt[1]).

Die Entwicklung der Jugendblätter ist vom ersten an sofort eine andere, insofern sie alsbald mit Anlegung einer breiteren Spreite beginnen.

Zuerst entwickelt sich die Blatt-Mutterzelle, wie die Stamm-Scheitelzelle selbst, durch wechselnd von zwei Seiten her gegeneinander geneigte Scheidewände, die eine neue Scheitelzelle höheren Grades zwischen sich lassen. Zumal die ersten Laubblätter zeigen hierin eine grosse Aehnlichkeit mit der wachsenden Stammknospe (XIII, 1, 2, 4—7 : b^2 u. b^3), nur dass der Neigungswinkel mehr aufwärts geöffnet ist als bei dieser. Allein schon nach wenigen Theilungen hebt sich der junge Blatthügel charakteristisch heraus (XIV, 6, b^3). Doch geht alsbald die Entwicklung mehr in die Breite, so dass die Scheitelzelle des jungen Blattes mehr dem Schlusssteine eines kreisähnlichen Gewölbebogens als der Spitze eines Kegels ähnelt (XIV, 6, b^2 : b^s, b^3), und desshalb bei nicht ganz rechtwinkliger Beschauung oft unter ihren letzterzeugten Nachbaren nicht herauszuerkennen ist (XIII, 9, 11—14 : b^2, b^3). So bildet sich bald eine Reihe fast keilförmiger Scheibenzellen, welche im Bogen nebeneinander geschichtet, den aufwärts fortrückenden Rand des Blattes bilden, während sie unten und von innen her sich in Schichten cuboidischer Theilzellen zerlegen, aus denen sich Stiel und Spreite nach und nach aufbauen, indem die entstehenden Lagen sich unten mehr zu walziger Rundung, oben mehr zu flächenförmiger Ausbreitung entwickeln (XIV, 6, 8; XIII, 14, b^2).

Das junge Blatt theilt sich so, dass es seine Fläche der Stamm-Scheitelzelle, aus der es hervorgegangen, zuwendet, die Ränder in Bezug auf die Stammaxe aber nach und nach mehr vorwärts und rückwärts kehrt als nach oben und unten. So erhebt es sich dann über die Oberseite der kriechenden Axe. Demnach erblickt man, wenn man es von der Seite her ansieht, bloss die bogigen Ansatzlinien der einen Abschnitts-Zellenreihe in schmalerer Ansicht (XIV, 7); wenn man dagegen die Fläche betrachtet, sieht man auf breiterer Rundung die ganze Theilungsfolge (XIV, 6, 8). Von oben gesehen, erscheint das junge Blatt leicht als fast einfache Kugel, da die sehr geneigten Theilungswände nicht oder kaum sichtbar werden (XIII, 3, 9, 10, b^3).

---

1) Rhizocarpeen S. 40.

Hier beginnt also die Anlage der Spreite die Blattentwicklung, und der Stiel rückt erst in der Folge nach. Ganz anders gestaltet sich die Ausbildung der gegliederten normalen Blätter, welche nur im ersten Stadium jenen Jugendblättern gleichen (XIII, 15, bz, by; 16, bz; 17, 18, b; XIV, 3, bz). Sie treten in Gestalt einer blasigen Auftreibung auf der seitlichen Abdachung der Rückenfläche der zur Blattbildung bestimmten Abschnittszelle, wenn diese etwa um 2—3 Zellen von der Scheitelzelle entfernt ist, hervor, und gliedern sich zunächst von ihrer mit dem Stengel vereint bleibenden Unterlage ab (XIV, 3, bz; XIII, 18). Diese theilt sich wie ihre Nachbarabschnitte; der eigentliche Blattanfang jedoch hebt sich als Scheitelzelle zwischen einfach von zwei Seiten geneigten Wänden (XIII, 15, by; 17, 18, b), einen schmalen, oft fast cylindrischen Kegel bildend. Während die Jugendblätter den Vegetationskegel schon früh an Breite übertreffen, sind vielmehr diese normalen Blätter bei ihrem ersten Hervortreten von dem oft ähnlichen Axengipfel durch ihre schlankere Form unterschieden (XIII, 17, 18; XIV, 3).

Immer höher wachsen sie zu cylindrischer Gestalt aus, und die Scheibenzellen (XIV, 9 b, 9 c, 9 d : p—z), die sich vom Gipfel (bs) abtrennen, gewinnen in ihrem grössten Durchmesser in der Richtung von der vorderen zur hinteren Blattseite eine bedeutende Ausdehnung (XIV, 9 a). Daher beginnt in ihnen eine Theilung in entgegengesetzter Richtung, und zwar ebenfalls durch geneigte Scheidewände, die abwechselnd an der Rücken- und Bauchseite der jungen Blattanlage beginnend in der Mitte unter nahezu rechtem Winkel aufeinander treffen, und so zunächst schmale Streifen von der inneren Kante der keilförmigen Scheibenzelle absondern, die sich dann schnell, in kurz prismatische „Schichtzellen" — wie man diese das ganze Blatt durchsetzenden Zellenreihen, welche äussere und innere Zellen umfassen, am besten nennen kann — zerlegen (9 c). Durch diese Reihen secundärer wechselnd geneigter Scheidewände, deren Neigungsebene auf der Neigungsebene der ersten Scheidewände fast rechtwinklig steht, wird, indem ihre inneren Endigungen sich nach und nach aneinanderreihen, eine Art von continuirlicher medianer Scheidewandkette durch das ganze Blatt hergestellt, welche auf der Profil-Durchschnittsansicht (XIV, 9 c) erscheint, während eine einfachere das Blatt von vorn nach hinten durchsetzende fortlaufende Wand durch die inneren Endungen der primären Abschnittszellen zusammengesetzt wird, die sowohl auf der Rücken- als auf der Bauchfläche des Blattes (9 b u. 9 d) sichtbar ist.

Auf diesen Ansichten erblickt man dann die Theilungsfolge in leichter Uebersicht. Schon in der dritten Zelle unterhalb der Gipfelzelle (9 b u. d : vx) theilt sich eine streifenförmige Zwischenzelle ab, die sich sofort (9 c) in eine Schichtzellenreihe verwandelt. Die verjüngte Randzelle spaltet sich in zwei dergleichen, und durch wiederholte wechselnde Abtrennung von Schichtzellen und Spaltung der Randzellen dehnt und reckt sich das Ganze (9 b u. d). Die Randzellen theilen sich zuletzt ganz in Schichtzellen, deren äussere ringsum kurz und polyedrisch bleiben, während die mittleren länger werden, und die innersten endlich zur späteren Herstellung des Gefässbündels sich bedeutend strecken und hauptsächlich der Länge nach spalten (9 c).

Das Spalten und Dehnen der Rand- und Schichtzellen geschieht auf der Rückenseite des Blattes schneller als auf der Bauchseite. Daher krümmt sich das Blatt nach innen und rollt sich endlich völlig ein (XIV, 2, 3, 9), und es sieht dann im Profil (9 a, c) aus, als ob die Scheitelzelle seitwärts sässe.

Erst nachdem das junge Blatt in kegelartiger Gestalt eine ziemliche Ausdehnung erreicht hat, legt es seine Spreite an.

Man sieht von der Flächenseite her durch überwiegende Schwellung seitlicher Marginal-Zellgruppen die Spitze dreieckig werden (XIV, 10 b). Die Thätigkeit dazwischen liegender Randzellen stockt, und sie wird dreilappig. Jetzt hört auch die Scheitelzelle als solche auf thätig zu sein, während seitlich von ihr die Theilung der Marginalen lebhafter wird (XIV, 11), und so theilt sich nach und nach der mittlere Lappen noch einmal. Die vier Lappen überbieten bald durch schnelles Wachsthum die Breite ihrer Basis, die Ausdehnung des Stieles und sogar den disponiblen Raum am Stengel; die mittleren fügen sich mit der Innenseite zusammen, und die seitlichen legen sich von aussen gegen sie, während alle die nach innen geneigte Stellung bewahren (XIV, 12; 15, 11). So entwickeln sie sich neben einander gleichmässig fort, und gliedern sich, indem sich ihre Basaltheile für sich stielartig ausbilden, vom gemeinschaftlichen Stiel ab.

Der Rand jedes Lappens wächst durch Spaltung der Marginalen (XIV, 12 c, d) und Abtrennung von Schichtzellen (12 a, b) ringsum fort, ohne Scheitelzelle. Ja es überwiegen sogar die zu äusserst an beiden Seiten stehenden Randzellen in der Forterzeugung neuer Zellen, und man nimmt hier von oben und seitwärts gegen einander geneigte Wände wahr. Innerhalb der Marginalen erfolgt die Schicht-

zellenbildung durch Wände, die von hinten und vorn geneigt sind, fort, wie in der noch spreitenlosen Blattspitze (12a, b).

So wirkt lange der gesammte Blattrand als Vegetationslinie. Es legen sich die sämmtlichen Flächen-Zellschichten des Blattes an, es sondern sich die Cambialzüge aus und gestalten die Gefässbündel, es entwickeln sich die Oberhautgebilde, die eigenthümlichen mit einem Querfortsatz ihrer Basalzelle eingefügten Haare und die Spaltöffnungen. Auf alle diese histologischen Einzelnheiten jedoch, auf die Art, wie sie in Blatt, Wurzel und Stengel nach und nach sich herstellen und sich im und am erwachsenen Pflanzenstock vertheilen und vielleicht auch specifische Unterschiede bergen, genauer einzugehen, lag ausserhalb des Themas dieser Arbeit, wie dieselbe auch die Bildung der Früchte und Sporen nicht berührt hat, da ja gerade von allen diesen Punkten durch die Arbeiten der wiederholt genannten Forscher fast alle wesentlichen Züge bekannt geworden sind.

8. Ergebniss.

Es sei schliesslich in kurzen Worten das Wesentlichste des in diesen Untersuchungen Gewonnenen zusammengefasst:

1. In dem Fruchtbehälter der Marsilien liegt ein Ring knorpeligen Zellgewebes, dessen Zellen im trocknen Zustande eng gefaltet und zusammengepresst und mit aufquellbarer Substanz gefüllt sind, und zwischen dessen hinterer und vorderer Krümmung die Sori ausgespannt sind. Derselbe sprengt bei Wasseraufnahme die Hülle, tritt in Gestalt eines gallertartigen voluminösen Ringes, der vorn leicht zerreisst, ins Freie und breitet die Soren im Wasser aus, die zugleich geöffnet die Sporen entlassen.

2. Der Inhalt der Mikrospore theilt sich durch 3 auf einander senkrecht stehende Theilungsebenen zuerst in 8, und durch tetraëdrische Zertheilung jeder dieser 8 schliesslich in 32 Plasmaportionen, die sich alsdann zu eben so vielen Spermatozoid-Mutterzellen ausbilden, welche mit dem Endosporium zugleich entleert werden.

3. Das Spermatozoid besteht aus einer selbständigen Zelle, deren kugelförmiges Hintertheil viele Stärkekörner enthält, deren Vordertheil in einen vielfach gewundenen feinen Schraubenfaden übergeht, der mit zahlreichen langen Wimpern besetzt ist. Es schwimmt schnell in stetiger Drehung, verliert — meist im Schleim der Makrospore — sein „Stärkesäckchen“ und schlüpft ohne dasselbe in die Empfängnissöffnung.

4. Im Scheitel der Makrospore bildet sich aus einem vorgebildeten Plasmahäufchen die Urzelle des Vorkeims. Ihr Inhalt theilt sich durch Sonderung in eine grosse centrale und eine einfache Schicht kleiner peripherischer Plasmaportionen, die sich erst dann durch Membranbildung zu Zellen gestalten.

5. Vier auf dem Scheitel gelegene Zellen erheben sich zum Archegoniumhals, indem sich jede von ihnen durch eine etwas nach innen geneigte Wand in zwei theilt.

6. Die centrale Plasmamasse wird zum Keimkörper (Befruchtungskugel, Pringsheim). Sie sondert eine Schleimmasse auf ihrem Scheitel in Zellform (als Tochterzelle?) ab, welche durch Explosion nach aussen den Archegoniumhals zur Empfängniss öffnet. Ein Spermatozoid schlüpft nach Ueberwindung eines kurzen Widerstandes ein, und verschwindet im Inneren, vermuthlich in der Masse des Keimkörpers.

7. Derselbe umkleidet sich mit einer Zellhaut und theilt sich senkrecht in die Stamm- und Wurzel-Mutterzelle.

8. Die Stammzelle trennt zuerst nach oben die Anfangszelle des ersten oder Keim-Blattes ab.

9. Die Wurzelzelle scheidet zuerst nach unten die Urzelle des hinteren Fussantheils ab, so dass nun die Keimzelle rechtwinkelig und symmetrisch gegen ihre Medianebene in vier ungleiche Zellen zerlegt ist.

10. Der vordere obere Keimquadrant entwickelt sich zuerst und zwar durch wechselnd geneigte Scheidewände aus seiner Scheitelzelle zu dem spreitenlosen fadenförmigen Keimblatt. Die Scheitelzelle entwickelt sich nur durch wenige Grade, dann fährt die Zellvermehrung nur noch an der Basis lebhaft fort.

11. Der hintere obere Keimquadrant (die Wurzelzelle zweiten Grades) theilt nach 3 Seiten geneigte Abschnittszellen in stets gleichen Cyclen ab, die eine nahezu tetraëdrische Scheitelzelle zwischen sich lassen. Diese scheidet nach dem ersten dreigliedrigen Cyclus (als Wurzelzelle fünften Grades) die erste Wurzelhauben-Zelle ab, auf die später mehrere folgen.

12. Der vordere untere Keimquadrant theilt durch seine zweite Theilungswand nach unten zu die Mutterzelle des vorderen Fussantheils ab. Durch seine dritte seitlich das zweite Blatt (erste Laubblatt). Darauf folgt ein dreigliedriger ebenso gelagerter Cyclus von Internodialabschnitten; dann durch die siebente Wand dem zweiten gegenüber das dritte Blatt.

13. Die hierdurch gegebene Entwicklungsrichtung der Stammknospe lässt die Lage der Keimaxe als fast horizontal (etwas nach vorn geneigt) erkennen. Die erste Wurzel liegt, — wie eine phanerogame Hauptwurzel, — genau in ihrer Rückwärtsverlängerung. Die Annahme einer früheren Axe in anderer Richtung, die unentwickelt bliebe, erscheint mit der ersten senkrechten Theilung nicht vereinbar. Vielmehr ist jene liegende als die Hauptaxe der Pflanze anzusehen.

14. Der Fuss entwickelt sich aus einer vorderen Abschnittszelle zweiter und einer hinteren erster Ordnung, die gemeinsam eine parenchymatische (saugnapfartige) Zellmasse ausbilden, welche als seitliche Ausbreitung des para- und hypokotylen Theiles der liegenden Axe betrachtet werden kann, und der Nahrungsaufnahme dient.

15. Die Stammknospe fährt fort dreigliedrige Cyclen von Abschnittszellen (nach $\frac{1}{3}$-Divergenz) zu erzeugen, die zwei dorsale und eine centrale Reihe bilden. Aus jenen stammen von Zeit zu Zeit (bei noch nicht ermitteltem Zahlenverhältniss der Internodialzellen) die zweireihig gestellten Blätter, aus jener die Wurzeln unter rechten Winkeln gegen die Blätter. Die Blattstellung setzt unter $\frac{1}{4}$- (später $\frac{1}{6}$-) Divergenz nach dem Keimblatt ein, und fährt in constant umschlagender Spirale mit $\frac{1}{3}$- ($\frac{2}{3}$-) Divergenz fort.

16. Die Verästelung geschieht allein durch normale Achselknospen-Entwicklung.

17. Auf das spreitenlose median gestellte Keimblatt folgt eine Anzahl Jugendblätter mit kurzem Stiel und ganzer, dann zwei-, dann viertheiliger fast von Anbeginn aufgerichteter Spreite. Darauf erst entwickeln sich normale Blätter mit langem Stiel und erst eingerollter (erst zwei- dann) viergliedriger Spreite.

18. Beide Laubblatt-Generationen wachsen mit fortzeugender Spitze. Die Jugendblätter entwickeln jedoch sofort eine Spreite, deren Randzellen die Spitzenzelle in der Fortbildung unterstützen. Die normalen Blätter entwickeln sich zuerst stielförmig, und legen erst dann die Spreite an, indem die Scheitelzelle ihre Function an die Gesammtzahl der Randzellen abtritt, die, gruppenweis voraneilend, die Viergliedrigkeit des Blattes bewerkstelligen. Sie theilen sich bis zum Erwachsensein des Blattes.

19. Die Gefässbündel werden durch Längstheilung der axilen Zellen der Blätter, Wurzeln und der Axe angelegt, und fügen sich unter entsprechenden Winkeln an einander. Im Keimblatt beginnen sie der Entwicklung folgend von oben nach unten, die Spitze selbst

jedoch nicht erreichend. In den anderen Theilen schreiten sie von der Basis zur Spitze fort.

20. Der Vorkeim folgt von der Befruchtung an selbständigem Entwicklungsgesetz, bis er vom Keimblatt und der ersten Wurzel überholt von diesen durchbrochen wird und allmählich verkümmert.

Aus Vorstehendem erhellt, bei mancher Eigenartigkeit, doch eine bedeutende Verwandtschaft der Marsilia und der sehr ähnlichen Pilularia in ihrer Entwicklung mit der der Polypodiaceen, während ihre Aehnlichkeiten mit Salvinia sich im Wesentlichen auf die horizontale Keimlage und die erste Theilung in der Stammzelle beschränkt. Letzte steht den niederen Cryptogamen in mancher Beziehung näher, während die Marsiliaceen sich jenen höheren anschliessen. Freilich dürfte vielleicht noch manches, was jetzt als auffallender Unterschied in der Keimentwicklung zwischen den verschiedenen Farnenfamilien hervortritt, bei wiederholter Prüfung sich als gemeinsamere Eigenthümlichkeit herausstellen.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren sind mit Ausnahme der wenigen, die nur nach Loupen-Vergrösserungen gezeichnet sind, mit der Camera lucida entworfen und zwar, wenn nicht besonders eine andere Art angegeben, nach Marsilia salvatrix. Für die öfter wiederkehrenden Theile finden übereinstimmend folgende Bezeichnungen statt:

k: Keim oder Keimkörper.

vk: Vorkeim.

s: Stamm-Scheitelzelle; st: Stamm.

v oder pv: Vegetationspunkt ohne Bezeichnung der Scheitelzelle.

1, 2, 3, 4 ....: erste, zweite, dritte u. s. w. in der Stammzelle auftretende Scheidewand.

0: Scheidewand zwischen der Stamm- und Wurzel-Mutterzelle.

w: Wurzel; ws: Wurzel-Scheitelzelle; wh: Wurzelhaube.

w1, w2, w3 ....: erste, zweite, dritte u. s. w. in der Wurzelzelle auftretende Scheidewand.

b: Blatt; b^1, b^2, b^3 ....: erstes, zweites, drittes u. s. w. Blatt.

b1, b2, b3 ....: erste, zweite, dritte u. s. w. in der Blattzelle auftretende Scheidewand.

bs: Blatt-Scheitelzelle.

bz, by, bx, bw ....: letzte, vorletzte, drittletzte u. s. w. in der Blattzelle aufgetretene Scheidewand.

f: Keimfuss.

gsp: Gyno- oder Makrospore.

ex: Exosporium.

end: Endosporium.

mz: Mutterzellhaut des Vorkeims.

mu: Mutterzelle des Spermatozoids.

am: Stärkekörner; amz, Zellen, dergleichen enthaltend.

gz: Mutterzellen des Gefässbündels.

c: centrale, pe: peripherische Plasmamassen des werdenden Vorkeims.

♂: Spermatozoid.

♀: Archegonium-Oeffnung.

Tafel X.

Fig. 1. Makrospore vor der Befruchtung in ihrer Schleimhülle. — Vergr. c. 15 mal.

Fig. 2. Mikrosporen; a 100 mal vergrössert, b im richtigen Verhältniss zur Makrospore.

Fig. 3. Endosporium einer Mikrospore, 4½ Stunden nach der Aussaat mit Aetz-

kali behandelt und demzufolge ausgetreten. Der gleichmässig aufgequollene plastische Inhalt hat sich contrahirt und in zwei Portionen getheilt. Ringsum eine Sphäre von schwächer lichtbrechendem Inhalt. — V. 310.

Fig. 4. Ein gleiches, welches schon die Viertheilung zeigt. — V. 310.

Fig. 5. Eine ganze Mikrospore, ebenso behandelt, $6\frac{3}{4}$ Stunden nach der Aussaat, die Achttheilung zeigend. — V. 310.

Fig. 6. Eine ähnliche unter Glycerin durchsichtig geworden und etwas aufgequollen und geöffnet, kurz vor der Reife. Man sieht die 16 angelegten Mutterzellen der oberen Hälfte in 4 tetraëdrischen Gruppen, in deren jeder die 4 zellkernartigen Anlagen der Spermatozoiden einander zugekehrt sind. Ausgeschlossene Stärkekörner liegen in der Umgebung. — V. 310.

Fig. 7. Eine mit Aetzkali behandelte Mikrospore, $10\frac{3}{4}$ Stunden nach der Aussaat, 7 a in oberer, 7 b in unterer Einstellung des Mikroskops. Das Endosporium ist glashell durchsichtig, und zeigt in jeder Ansicht die Hälfte der Mutterzellen, 16, in regelmässiger Lagerung, deren Inhalt jedoch klar aufgelöst ist. — V. 310.

Fig. 8. Herausgetretenes ähnliches Endosporium, in anderer Richtung und bei geringer Aenderung der Einstellung des Mikroskopes so dargestellt, dass 24 Mutterzellen in ihrer gegenseitigen Lage zur Anschauung kommen, und nur die 8 untersten unsichtbar bleiben. — V. 310.

Fig. 9. Ein Paar einzelne Mutter-Zellgruppen daraus. — V. 465.

Fig. 10. Reife Mikrospore, $21\frac{1}{2}$ Stunden nach der Aussaat, deren Innenhaut im Austreten begriffen, die fertigen in ihren Mutterzellen noch eingeschlossenen Spermatozoiden zeigend. Einige mit grösseren Stärkekörnern gefüllte überzählige unregelmässige Zellen, amz, in der Umgebung jener. — V. 270.

Fig. 11. Gleichzeitiger Austritt des Endosporiums, der Mutterzellen und der Spermatozoiden, welche schnell davon eilen, $16\frac{3}{4}$ Stunden nach der Aussaat (einer anderen, als von der F. 10 ist). Viel freie übrig gebliebene Stärkekörner (am) im Umfang des Endosporiums. — V. 310.

Fig. 12. Herausgetretenes Endosporium, aus dem die Mehrzahl der Spermatozoiden ausgeschwärmt ist. Einige (♂), sowie leere Mutterzellen (mu), eine Stärkezelle (amz) und freie Stärkekörner (am) sind noch darin. Weder in dieser noch in der vorigen Figur ist eine Oeffnung des Endosporiums bemerkbar. (Aussaat von Fig. 10, $21\frac{1}{2}$ Stunden nach derselben.) — V. 270.

Fig. 13. Entleerte Spermatozoid-Mutterzellen, deren eine ungewöhnlich gross. — V. 400.

Fig. 14. Spermatozoiden in der Stellung des Schwärmens; a während der Bewegung selbst gezeichnet, b—e durch Zusatz von Glycerin in unveränderter Stellung zur Ruhe gekommen. 14 e vielleicht von einer anderen Art. — 690.

Fig. 15 a u. b. Zur Befruchtung im Schleimtrichter nach Ablösung des Stärkesäckchens rückwärts heranschwimmende Spermatozoiden.

Fig. 16. Durch Jod getödtete Samenfäden, b u. c, mit weit von sich gestreckten Fäden. — 690.

Fig. 17 a—c. Von selbst zur Ruhe gekommene Spermatozoiden. — 690.

Fig. 18. Spermatozoid in der Mutterzelle mit Jod getödtet. — 690. (Wie 14 e und 16 vielleicht M. elata.)

Fig. 19. In der Schleimhülle der Makrospore zurückgelassene Stärkesäckchen. — 690.

Fig. 20. Scheitel einer Makrospore unter Oelsüss (etwas eingesunken dadurch), $2\frac{1}{2}$ Stunden nach der Aussaat. In die etwas contrahirte Plasmamasse sind zwei grosse Stärkekörner aus dem Sporenraum gedrungen. — 230.

Fig. 21. Dessgleichen 6 Stunden nach der Aussaat, in Plasmatheilung begriffen; a die Durchschnitts-, b die Oberflächen-Ansicht des Plasmas; c die centrale, pe die peripherischen Massen desselben; r die Schwesterzell-Reste der Makrospore. — 230.

Fig. 22. Vorkeim 12 Stunden nach der Aussaat mit noch unfertigen Zellen, unten verletzt (x). — 230. (Wie die 2 vorigen Figuren vielleicht M. elata.)

Fig. 23. Ein ähnlicher. Die Centralzelle ist fertig, und ihr Inhalt etwas contrahirt. Die peripherischen noch leicht zerfliessend. — 230.

Fig. 24. Ein ähnlicher, 13 Stunden alt, im horizontalen Durchschnitt gesehen, mit ziemlich vollendeter Zellbildung; y, Zellkern der Centralzelle. — 230.

Fig. 25. Gipfel des fast fertigen Vorkeims, 22 Stunden nach der Aussaat, mit dem sich hebenden Archegonium, dessen Zellen in Quertheilung sind. (M. Drummondi?) Centralkörper stark contrahirt. — 230.

Fig. 26. Fertiger Vorkeim, von oben gesehen, mit dem Archegoniumhals, 22 Stunden alt. — 230.

Fig. 27. Ein ähnlicher, $16\frac{1}{2}$ Stunden alt, von unten gesehen. Die Basalzellen treffen keilförmig im Mittelpunkt (ba) zusammen. — 230.

Fig. 28. Freigelegter Keimkörper, mit einer anhaftenden Tochter-(?) Zelle und Kern, $17\frac{1}{4}$ Stunden alt. — 230.

Fig. 29. Zwei Vorkeimanfänge, 6 Stunden nach der Aussaat mit Kali behandelt. Der Inhalt ist gelb und klar durchsichtig, und lässt in a die beginnende Theilung, in b die Spur von einem Kerne wahrnehmen. Auch zeigt sich seine Zellhaut im Zusammenhang mit ihrer Mutterzelle, dem Endosporium, mz und end. (M. elata?) — 100.

Tafel XI.

Fig. 1. Vorkeim-Scheitel vor der Befruchtung, den Schleimkörper unter dem Archegoniumhals zeigend, sl. — 310.

Fig. 2. Der Archegonium-Kanal wird durch die Explosion des Schleimes (sl) geöffnet. — 310.

Fig. 3. Das Spermatozoid schlüpft ein. (Im Eindringen beobachtet und gleich darauf gezeichnet.) — 310.

Fig. 4. Aehnliches Archegonium nach der Befruchtung mit halb eingedrungenem Spermatozoid, das zur Ruhe gekommen ist. — 310.

Fig. 5. Dasselbe Archegonium wie Fig. 2 u. 3 nach der Befruchtung. Der Schleim, der in Explosion beobachtet wurde, liegt schaumig geronnen in Ruhe vor demselben. Spermatozoiden, die nachträglich angelangt, sind an der Mündung hängen geblieben und zur Ruhe gekommen. — 310.

Fig. 6. Ein ähnliches Archegonium, vor welchem zwei Spermatozoiden zur Befruchtung heranschwimmen. Die Wimpern bei der schnellen Rotation nur zum Theil sichtbar. — 310.

Fig. 7. Ein anderes befruchtetes mit vielen daran haftenden zur Ruhe gekommenen Spermatozoiden und gebräuntem Halse. — 310.

Fig. 8. Ein dem Anschein nach nicht befruchtetes Archegonium, in dessen Halskanal eine körnig schleimige Masse stecken geblieben zu sein scheint (y). Keimkörper

stark und unregelmässig contrahirt, mit seichter Grube auf dem Scheitel. Kanalmündung von 4 kernartigen Körpern in den Halszellen umstellt. — 230.

Fig. 9. Unbefruchtet scheinender Vorkeim, vor dessen Archegoniummündung eine kugelförmige Masse monadenartiger Körper zur Ruhe gekommen ist, deren viele noch in der Umgebung lebhaft wimmeln, andere an der Grenze des Schleimtrichters hängen geblieben sind (wm). — 150.

Fig. 10. Vorkeim mit Keimkörper im Durchschnitt gesehen, 1—2 Stunden nach seiner Brfruchtung; vkf, Vorkeimfuss. — 230.

Fig. 11. Wie 10, etwas später. Die Keimzelle ist mit Wandung versehen. Die Vorkeimzellen in Theilung; die an der Basis schliessen nicht zusammen. Die Mutter-Zellhaut des Vorkeims deutlich bei mz. — 230.

Fig. 12. Ein ähnlicher Vorkeim von aussen gesehen, 13 Stunden nach der Befruchtung. — 230.

Fig. 13. Dessgleichen, 17 Stunden nach der Befruchtung mit 4zelligem Keim im Durchschnitt gesehen. — 230.

Fig. 14. Die beiden Hälften eines freipräparirten Keimes nach seiner Viertheilung; a die Wurzelhälfte, b die Stammhälfte; 14 Stunden nach der Befruchtung. — 230.

Fig. 15. Freier Keim nach seiner ersten Theilung, ebenso alt wie 14. — 230.

Fig. 16. Ein anderer nur 13stündiger, der schon viertheilig ist. — 230.

Fig. 17, 18. Keim nach begonnener fernerer Theilung in seiner Lage im Vorkeim; 17, von der Seite, 18, von oben gesehen; etwa 18 Stunden alt. — 100.

Fig. 19. Keim, 26 Stunden alt, a von der Seite, b von oben, c von vorn gesehen (s ist hier die Scheitelzelle des Blattes, darunter die des Stammes). — 230.

Fig. 20. Dessgleichen 38 Stunden nach der Befruchtung, von der Seite gesehen. Die erste Theilung noch sehr deutlich. — 230.

Fig. 21. Ein anderer Keim (M. elata?), 34 Stunden alt, weiter in der Theilung vorgeschritten, und zwar von allen Seiten betrachtet; 230:

a: Von der Seite im Profildurchschnitt, der Axe parallel.

b: Dessgleichen, äussere Ansicht.

c: Von vorne, äussere Ansicht. Man sieht die senkrechten medianen Theilwände, und die horizontale Wand 1.

d: Tiefere Durchschnittsansicht, von vorne.

e: Horizontale Durchschnittsfläche, von oben gesehen.

f: Oberflächen-Ansicht in dieser Stellung.

g: Dieselbe mehr von hinten gesehen, so dass die Wurzelzellen oben zu liegen kommen.

h: Aeussere Ansicht von hinten, gerade gegen die Wurzelzelle und den hinteren Fussantheil.

i: Mittlerer Durchschnitt von hinten gesehen.

k: Ansicht von unten und vorn, so dass die Stamm-Scheitelzelle (s) gehoben erscheint, und der Fuss hervortritt.

Fig. 22. Archegoniummündung auf einem 50stündigen stark entwickelten Keim. Zellen in dessen Umgebung in lebhafter Theilung begriffen. — 230.

Fig. 23. Ein ähnlicher Keim wie 21 noch im Vorkeim von oben im Durchschnitt gesehen; ♀ bezeichnet die Lage der Archegoniummündung über demselben. — 230.

Fig. 24. Ein ähnlicher Vorkeim von unten gesehen; ba, Mitte. — 160.

Tafel XII.

Fig. 1. Zweieinhalbtägiger Keim, a von der Seite im Durchschnitt, b von oben auf die Aussenfläche gesehen. — 230.

Fig. 2. Keim von $3\frac{1}{2}$ Tagen, a von der Seite im Durchschnitt, b von der Unterfläche gesehen, wo der Fuss und die Knospe erscheinen. — 230.

Fig. 3. Stammknospe eines fast 3tägigen Keims, a von der Vorderfläche, b im Profil-Durchschnitt gesehen. 3c, Wurzelhaube desselben von der Oberfläche gesehen. 3d, Ganzer Keim im Querschnitt durch den Grund des Blattes und von oben auf die Knospe gesehen. — 230.

Fig. 4. Oberer Theil eines anderen Keims (M. elongata?) $2\frac{1}{2}$ Tage nach der Befruchtung; a von der Seite im Profilschnitt, b auf die obere Fläche gesehen. Knospe und Fuss fehlen. — 230.

Fig. 5. Profilschnitt-Ansicht eines Keims von $3\frac{1}{2}$—4 Tagen (M. Drummondi?). Die Keimquadranten sind noch gut herauszuerkennen. — 230.

Fig. 6. Mittelstück eines ähnlichen Keims von der Seite und etwas von hinten gesehen (M. elongata?); $3\frac{1}{2}$ Tage alt. — 230.

Fig. 7. Fünftägiger Keim in Profilschnitt-Ansicht. Die Gefässbündel sind in Anlage (gz), die Wurzelhaube stark markirt, aus zwei Schichten und einer noch einfachen Mutterzelle der dritten Schicht, die eben von der Scheitelzelle getrennt ist, bestehend. — 230.

Fig. 8. Schwacher Keim von 5 Tagen auf dem Gipfel der Makrospore im sich bewurzelnden Vorkeim.

Fig. 9. Dreitägiger Keim, von der Spore getrennt ebenso (M. elongata?). — 14.

Fig. 10. Fünftägiger Keim mit dem stark gewölbten Fuss fest am Sporenscheitel haftend, das Blatt schon durchgebrochen (M. Drummondi?). — 14.

Fig. 11. Freigelegter Keim von 7 Tagen. — 14.

Fig. 12. Sehr kräftiger Keim von 9 Tagen, vom Vorkeim gelöst, Blatt und Wurzel herausgetreten (M. Drummondi?). Nur 7mal vergrössert. (Die Keime dieser Art waren durchschnittlich kräftiger.)

Fig. 13. Siebentägiger Keim (im Juli erwachsen und schneller entwickelt) mit zwei Blättern und zwei Wurzeln, noch an der Spore. — 14.

Fig. 14. Monaden- oder vibrionenartige Körper, die sich bei der Entwicklung stets im Wasser anfinden, und sich in grösster Menge zumal vor dem unbefruchteten Archegonium anhäufen, besonders Vibrio lineola Ehrbg ähnlich aber kleiner. — 960.

Fig. 15. Durchbruchstelle des Keimblattes durch den Vorkeim (Art zweifelhaft), 5 Tage nach der Befruchtung. — 160.

Tafel XIII.

Fig. 1. Knospe eines fünftägigen Keims an der Basis des Keimblattes haftend von vorn gesehen, die Scheitelzellen des Stammes und des zweiten Blattes, mit ihren ersten Theilungen zeigend, beide einander noch sehr ähnlich. — 230.

Fig. 2. Dieselbe Knospe von oben gesehen. — 310.

Fig. 3. Eine andere eben so alt in ähnlicher Ansicht. (Das Präparat war durch das Deckglas etwas gedrückt, wodurch die Zelltheilung in der Scheitelzelle sich mehr auf die Horizontalebene projicirt und deutlicher hervortritt.) — 310.

Fig. 4. Knospe eines anderen fünftägigen Keims von der Seite gesehen; a bie

unterer, b bei mittler, c bei oberster Einstellung des Mikroskopes, mithin dem entsprechend das zweite Blatt, die Scheitelzelle und das dritte Blatt in Profilansicht zeigend. — 310.

Fig. 5—7. Dasselbe Präparat: 5 halb von vorn und von der Seite, 6 noch mehr von vorn, 7 etwas mehr von der anderen Seite gesehen. Etwas weiter entwickelt als Fig. 1, zeigt sich hier die vortretende Stamm-Scheitelzelle in ihrer Stellung zu dem zweiten und dritten Blatt. Nicht in jeder Stellung sind alle Theilungswände gleich sichtbar. — 310.

Fig. 8. Dasselbe Präparat im Profil-Durchschnitt von der anderen Seite gesehen. — 310.

Fig. 9. Knospe eines siebentägigen Keims fast von oben gesehen. Blatt 2 geneigt. — 310.

Fig. 10. Achttägiger Keim im Querschnitt der Blattbasis gesehen, die Knospe von oben. — 160.

Fig. 11. Knospe eines achttägigen Keimes, von oben und vorn gesehen; i Internodialzellen. — 310.

Fig. 12. Aehnliche Ansicht mehr von vorn. Hinter der Scheitelzelle und hinter dem 3ten Blatt sieht man Internodial-Zellschichten (i). — 310.

Fig. 13. Knospe eines neuntägigen Keims von der Seite des zweiten Blattes halb von oben gesehen. — 310.

Fig. 14. Eben so alte mehr entwickelte Knospe schief von vorn gesehen. Das zweite Blatt mit zusammengekrümmter Spreite. Hinter b^1 würde das mit der Basis des zweiten weggelassene erste Blatt erscheinen. w^2 Anfang der zweiten Wurzel von der Fläche aus. In diesen und den ähnlichen Präparaten sind die Haare weggelassen. — 230.

Fig. 15. Vegetationskegel eines älteren Sprosses von der Rückenseite aus gesehen, mit den letzten Blättern, bz, by; bx Ort des drittletzten (M. Drummondi). — 310.

Fig. 16. Ein ähnlicher schief von der Seite und etwas von unten gesehen (dieselbe Art). — 230.

Fig. 17 u. 18. Dessgleichen aus einer Achselknospe in 2 Stellungen von der Seite gesehen mit einem Blatt (dieselbe). — 310.

Tafel XIV.

Fig. 1. Längsschnitt durch einen entwickelten Spross, von unten gesehen. (Die Haare am Rande sind meist weggelassen.) — Einigemal vergrössert. (M. Drummondi.)

Fig. 2. Gipfelknospe desselben, stärker vergrössert; ak, Achselknospen (dieselbe Art).

Fig. 3. Andere Gipfelknospe mit dem Vegetationskegel schief von der Seite und etwas von unten gesehen (dieselbe Art). — 230.

Fig. 4. Knospe eines Keimes, schief von der Seite und von vorn gesehen, die Scheitelzelle 11ten Grades zeigend. — 380.

Fig. 5. Schema der Theilungsfolge der Scheitelzelle bis zum 14ten Grade; 5a auf eine die Axe senkrecht schneidende Ebene projicirt. Die Wände 1, 3 u. 7 trennen das erste, zweite und dritte Blatt von der Scheitelzelle; die übrigen bilden nur Internodialzellen. 5b, dasselbe auf eine das dritte Blatt und die Scheitelzelle senkrecht schneidende Ebene projicirt.

Fig. 6. Knospe mit dem 2ten und 3ten Blatt, 7 Tage alt, von oben und von

der Seite gesehen die erste Blatt-Zellfolge zeigend; bs Scheitelzelle des zweiten Blattes. — (Dieselbe wie XIII, 9) — 310.

Fig. 7. Sehr junges drittes Blatt eines achttägigen Keimes in Profil-Durchschnittsansicht. — 310.

Fig. 8. Das ältere (2te) aus derselben Knospe; a von der Fläche aus, b in gleicher Stellung im Durchschnitt gesehen. z, y, x . . . die Folge der Scheidewände. — 310.

Fig. 9. Oberer Theil eines jungen Blattes aus der Knospe eines entwickelten Sprosses; a von der Seite, äussere Ansicht, b von der concaven Innenfläche, c im mittleren Profilschnitt, d von der convexen Rückenfläche gesehen. Die Buchstaben in b u. d bezeichnen die Reihe der in der Scheitelzelle entstandenen seitlich wechselnd geneigten Wände, in c die von vorn und hinten wechselnd nach innen geneigten von der Medianebene anfangend abgetheilten Schichtzellen-Reihen. In diesen sieht man fernere Theilungen (M Drummondi). — 310.

Fig. 10. Weiter vorgeschrittenes Blatt ebendaher; a im Profil-Durchschnitt, b von der inneren Fläche gesehen. Die seitlichen Spreitenblättchen (stb) beginnen sich als hervortretende Ecken zu zeigen. Die Scheitelzelle ist noch thätig. Flächenzellen in Theilung. Bezeichnung wie 9 (M. Drummondi). — 310.

Fig. 11. Spitze eines älteren Blattes ebendaher; die seitlichen Spreitenblättchen (stb) sind schon getrennt, die mittleren noch nicht, doch die Scheitelzelle nicht mehr als solche thätig. Theilung der Randzellen ringsum Flächenzellen übers Kreuz getheilt; bst Blattstiel.

Fig. 12. Blatt mit vollständig angelegter Spreite, die Blättchen a u. b in der mittleren Durchschnittsansicht, c u. d von oben her gegen den Rand gesehen. Die Randzellen scheibenförmig, in Parallel-Theilung (c, d), und durch wechselnd geneigte Wände von innen her zu Schichtzellen zerlegt (a, b : ss). Bei bst ist die Durchschnittsfläche des Blattstiels angedeutet, gegen den die 4 zusammengelegten Blättchen mit ihren Rändern eingeschlagen sind. Zwischen ihnen die verbreiterte Innenfläche der Blattstielspitze, aus der sie sich entwickelt haben (M. Drummondi). — 230.

Fig. 13. Oberes Ende eines Keimblattes mit einer Spaltöffnung (spa) an der Spitze. — 160.

Fig. 14. Dessgleichen mit solchen an der Seite; gedreht. (M. Drummondi.) — 160.

Fig. 15. Junge Pflanze, schwach vergrössert, die Blattfolge zeigend; 1 Keimblatt; 2—4 Jugendblätter mit ganzer, 5, 6 mit zweitheiliger, 7—9 mit viertheiliger aufrechter Spreite; 10, 11 normale Blätter mit eingerollter viergliedriger Spreite. Von 2 an zweizeilig; pv. Gipfelknospe, vom Blatt 12 überragt; gsp Sporenrest.

Fig. 16. Anfangsstück derselben Pflanze in entgegengesetzter Ansicht, die 3 ersten Blätter und die 4 ersten Wurzeln zeigend. Stärker vergrössert.

Fig. 17. Spitze des Pflänzchens ebenso gesehen mit den letzten Blättern und Wurzeln.

Fig. 18. Senkrechte Durchschnittsansicht eines Keimfusses, 7 Tage alt, die Epithel-Zellenschicht zeigend, die einen über der Sporenöffnung befindlichen Hohlraum (h) überwölbt. Aus dem Vorkeim genommen. — 200.

Fig. 19. Durchschnittsansicht einer Keim-Wurzelspitze kurz vor dem Durchbruch durch den Vorkeim, dessen Zellen vor ihr, ohne direct berührt zu werden, auseinander weichen, und nur noch durch eine einfache Membran (x) verbunden sind. (Art zweifelhaft.) — 200.

Inhalt.

Beiträge
zur Entwickelungsgeschichte der Orchideen-Blüthe

mit besonderer Berücksichtigung der bursicula und des retinaculum,

von

Theodor Wolf, S. J.

(Mit 4 Tafeln.)

Im schönen Kreise der natürlichen Pflanzenfamilien der Monocotyledonen gibt es kaum eine, welche mit jener der Orchideen an äusserer Pracht und innerer Einheit wetteifern könnte. Wenn wir je eine Familie mit Recht eine natürliche nennen dürfen, so ist sie es, die bei aller Mannigfaltigkeit der Formen in Wurzel, Blatt und selbst einzelnen Blüthentheilen ihren einheitlichen Charakter so sehr bewahrt, dass selbst ein Laie der Wissenschaft, ohne auf die constanten innern Gründe einzugehen, die Pflanze, welche im feuchten Tropenwald, ihre Luftwurzeln nach allen Seiten aussendend, auf dem alten Baumstamm üppig wuchert, für eine Verwandte jener Blume hält, die im Mai eine Zierde der Wiesen und sonnigen Hügel unseres deutschen Vaterlandes ist, wenn er nur die Blüthe etwas näher betrachten, oder bei manchen sogar den Geruch befragen will.

Wie bekannt nun auch diese unter jedem Himmelsstrich verbreitete Familie nach ihren äussern Verhältnissen ist, so bleibt doch dem tiefer eindringenden Anatomen bis jetzt noch manche Frage zu lösen übrig. Längst war zwar der eigenthümliche Befruchtungs-Apparat der Orchideen bekannt, und die Gärtner benutzten diese Kenntniss zur künstlichen Befruchtung. In neuerer Zeit hat sich besonders Darwin in England mit der Befruchtung der Orchideen, hauptsächlich wie sie durch Mithilfe der Insekten vor sich geht, beschäftigt und

auch andere Forscher in Deutschland zu ähnlichen Studien angeregt; allein über die Entwicklungsgeschichte der Blüthe und der Befruchtungsorgane insbesondere, sowie deren innern Zusammenhang ist bis jetzt verhältnissmässig wenig bekannt. Die ersten Andeutungen über die Entstehung der bursicula und des retinaculum gab Schacht in der bot. Zeitung von H. v. Mohl und v. Schlechtendal, und Hoffmeister, in seinen „Beiträgen zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen", hat der ausführlichen Beschreibung der Pollenbildung der Orchideen auch einige Worte über bursicula und retinaculum beigefügt.

Obgleich nun über die Entstehung dieser eigenthümlichen Organe, welche bei der Befruchtung der Orchideen von so grosser Bedeutung sind, hie und da Andeutungen gegeben wurden, so schien es mir doch von Interesse, die ganze Entwicklungsgeschichte derselben genauer zu verfolgen und über ihren Ursprung völlige Aufklärung zu geben. Ich berücksichtigte daher bei diesen Untersuchungen über die Orchideenblüthe im Allgemeinen ganz besonders die zwei genannten Organe, die bursicula und das retinaculum. Der hiedurch ausgesprochene Zweck meiner Arbeit wird die Kürze entschuldigen, mit welcher ich oft über andere Blüthentheile hinweggehe.

Mögen meine Forschungen Einiges dazu beitragen, die Natur in ihren wundervollsten Einrichtungen mehr und mehr zu verstehen; mögen sie einiges Licht werfen auf die geheimsten Vorgänge in der Pflanzenwelt, auf das Werden der Blüthe, welche in ihrer Vollendung unser Auge bezaubert!

Bevor ich auf die specielle Untersuchung eingehe, wird es zweckmässig sein, der Uebersicht wegen das Allgemeinste über die Orchideenblüthe vorauszuschicken.

Das Perigon besteht aus drei äussern und drei innern Zipfeln, welche alle blumenblattartig sind und zusammen eine unregelmässige, meist rachige Blüthe bilden, indem sich sehr oft die drei äussern und zwei der innern Zipfel zu einem Helme vereinigen, während sich das obere innere Blatt als labellum vielfach gestaltet und meistens durch Drehung des Fruchtknotens nach unten zu liegen kommt. Von den drei Staubblättern bildet sich meistens nur das mittlere aus (bei Cypripedium jedoch die beiden seitlichen). Diese einzige Anthere ist mit dem Pistill zu einer eigenthümlichen, bald kürzern, bald längern Säule, dem gynostenium, verwachsen und enthält zwei Fächer, welche wiederum Scheidewände besitzen. Oft vereinigen sich die Fächer am Grunde in eine gemeinschaftliche sogenannte bursicula, wie bei Or-

chis, oder jedes Fach besitzt für sich eine solche, wie dies bei Ophrys der Fall ist, oder aber die bursicula fehlt, wie bei Gymnadenia und den meisten tropischen Gattungen. Die wachsartigen oder körnigen Pollenmassen sind oft an einem langen Viscinstiel, der caudicula, befestigt, welcher in eine klebrige Drüse, das retinaculum mündet. Die Narbe liegt an der Vorderseite des gynostenium unter der Anthere und endigt gewöhnlich in ein Schnäbelchen, das rostellum. Was endlich den Fruchtknoten betrifft, so ist er einfächrig, dreikantig und springt zur Zeit der Fruchtreife mit drei Klappen auf. Die Eichen sitzen in ungeheurer Zahl an drei Leisten ununterbrochen oder büschelweise angeordnet.

A. Specielle Untersuchung.

Um uns Rechenschaft über die Entstehung der eben in Kürze beschriebenen Organe geben und zu allgemeinen Resultaten gelangen zu können, müssen wir auf die genauere Untersuchung verschiedener Genera und Species eingehen. Ich wähle daher für jede Unterfamilie der Orchideen einige Repräsentanten und beginne mit einer der bekanntesten Gattungen der

I. Ophrydineen.

Orchis maculata L.

Der junge Trieb von Orchis maculata ist im ersten Frühjahr (März) ungefähr einen Zoll lang und noch unter der schützenden Decke der Erde verborgen. Die erste Figur auf Tafel XV stellt einen solchen sammt seiner handförmig getheilten Knolle in natürlicher Grösse dar. Nach Entfernung der Scheiden a b wird schon der für's folgende Jahr bestimmte Trieb in Form einer Knospe sichtbar, welche ihrerseits auf den Längsschnitt sehr schön die Anlagen der Scheiden und untern Blätter, ja des Stengels selbst zeigt (XV, 2). Entfernt man nun endlich die letzte Scheide und die ersten, oft schon braun gefleckten untern Blätter, so kommt zwischen den Stengelblättern die Aehre zum Vorschein.

Zur Untersuchung der Blüthe selbst schreitend findet man die von langen lanzettlichen Brakteen geschützten Knospen noch sehr klein, die untersten, also in der Entwicklung vorgeschrittensten, sind kaum eine Linie lang; allein wie ein Längsschnitt durch die Mitte

der Aehre zeigt, sind auch die obersten Knospen doch schon so weit entwickelt, dass sie alle sechs Perigonblätter sammt dem gynostenium in der Mitte, welches sich als eine rundliche Erhebung zu erkennen gibt, besitzen. Fig. 3, a. Taf. XV stellt den jüngsten Knospenzustand, den ich entdecken konnte, dar. Nach jüngern Zuständen wird man schon im August und September suchen müssen; im Oktober wenigstens fand ich die Aehre fast eben so weit entwickelt, wie im folgenden März. Ein Querschnitt durch eine solche Knospe weist übrigens nach, dass der zweite Blattkreis, welcher gegen den ersten eine alternirende Stellung einnimmt, noch weiter zurück ist, als dieser. Während in diesem jüngsten Zustand die Perigonzipfel noch ein ziemlich gleiches Aussehen besitzen und die Knospe nicht schliessen, legen sie sich beim folgenden Stadium der Entwicklung so zusammen, dass zwei äussere Blätter, wie zwei Kapuzen, das obere, ursprünglich untere [1]), des äussern Kreises und die innern sammt der Anthere umfassen (XV, 4). Das labellum zeichnet sich nun unter den innern Zipfeln durch eine bedeutendere Breite und zwei seitliche Einschnitte aus (XV, 5); vom Sporn ist jedoch noch Nichts wahrzunehmen, als eine seichte Ausbuchtung an der Stelle der Einfügung des labellum (XV, 18, n).

Der Querschnitt durch eine so weiter vorgerückte Knospe (XV, 6) lässt uns über die Stellung der Blattkreise zu einander nicht im Zweifel und weist die Anthere, deren Querschnitt in der jüngern Knospe vorn nur eine schwache Einbuchtung zeigte (XV, 3, b), als vierfächerig nach, obwohl die Scheidewände, welche die Hauptfächer halbiren, noch ziemlich undeutlich wahrzunehmen sind. Die Blumenblätter sind keineswegs auf gleicher Höhe dem Fruchtknoten eingefügt, ja nicht einmal die eines einzelnen Kreises, wovon man sich leicht durch eine von oben nach unten folgende Reihe Querschnitte überzeugen kann. In Fig. 6 sind noch alle Blätter frei und in ihrer richtigen Lage (nur etwas gelockert), ebenso in Fig. 7, wo jedoch schon der zwischen die Antherenfächer geschobene Fortsatz des Schnäbelchens [2]) auftritt. Im folgenden Schnitt (XV, 8) sind die beiden innern Blätter α und β noch zum Theil am gynostenium befestigt, sie entspringen also in der Blüthe zu oberst. Der nun zunächst folgende ist nicht etwa der dritte

1) Obgleich die Seite des labellum ursprünglich die obere ist, so will ich sie doch, da sie sich meistens nach unten dreht, des allgemeinen Sprachgebrauches wegen, die untere nennen und auch die Zeichnungen in diesem Sinne stellen.

2) Diesen Fortsatz des Schnäbelchens schlechtweg das rostellum zu nennen halte ich für unrichtig, weil auch die als bursicula sich ausbildenden Seitenlappen dazu gehören, wie ich später zeigen werde.

innere Zipfel, sondern der äussere a, wie Figg. 9 u. 10 darthun; jetzt erst, also zu unterst, folgen γ des innern (das labellum) und b c des äussern Kreises, fast auf gleicher Höhe eingefügt (XV, 11 u. 12). Machen wir noch einige Schnitte, so verschwindet allmählig jede Spur der Blumenblätter und der Anthere, und wir gelangen endlich durch Fig. 13, in welcher der Staubweg als eine lange Spalte erscheint, in den Fruchtknoten, der sich als einfächrig und mit wandständigen Saamenträgern versehen erweist (XV, 14).

Das labellum zieht sich während der folgenden Stadien an seiner Ursprungsstelle immer mehr nach unten und bildet jene sackartige Ausbiegung, welche wir den Sporn nennen.

Von den zwei äussern Blattkreisen gelangen wir zum dritten, welcher in Folge der Entwickelung lückenhaft wird und mit dem vierten, den Carpellblättern innig verwachsen ist. In der ersten Anlage finden wir auch hier die Dreizahl, denn ursprünglich sind drei Antheren vorhanden, aber zwei seitliche bleiben in der Entwickelung gänzlich zurück und sind später hinter den beiden Fächern der Anthere als zwei warzenartige Auswüchse, Staminodien genannt, wahrzunehmen (XV, 16, 17, 18, 19, st). Dass diese zwei Anhänge des gynostenium wirklich die Anlagen von Antheren sind, beweist der Umstand, dass sie sich bei einigen genera hie und da entwickeln, dann aber gewöhnlich nur die eine Hälfte als Pollinium ausgebildet besitzen. Einen solchen Fall fand ich bei Orchis mascula, wie ich daselbst anführen werde. Später breiten sich diese Staminodien als verschieden gestaltete Lappen seitlich der Anthere aus (XV, 31, 32, st).

Die mittlere Anthere nun, das einzige ausgebildete Staubblatt, gibt sich im ersten Stadium der Entwickelung als eine rundliche Erhebung, die Endspitze der kurzen Säule, in Mitte der Knospe zu erkennen. Sie zeigt sehr früh eine seichte Einbuchtung, als Andeutung der Scheidewand der beiden Hauptfächer. Die Fächer treten immer mehr hervor und ziehen sich etwas in die Länge, während sich vorn am gynostenium, über der Narbe eine Ausstülpung bildet, welche ein fast dreilappiges Schildchen, das sogenannte rostellum, darstellt (XV, 15, r). Anfangs sind die drei Lappen des rostellum fast gleich gross, nachher entwickelt sich der mittlere, durch welchen auch das Gefässbündel läuft, weiter als die seitlichen und schiebt sich zwischen die Antherenfächer, während die beiden seitlichen Lappen, sich ebenfalls etwas ausziehend, die Enden der Antherenfächer gleichsam umfangen; letztere senken sich auf diese Weise in das rostellum ein, ohne jedoch weder mit demselben, noch unter sich zu verschmelzen; denn Quer- und Längsschnitte

weisen nach, dass sowohl das Antherenfach, als die Vertiefung im rostellum ihre eigene Oberhaut besitzt, sowie dass die beiden Hauptfächer der Anthere bis in ihre äusserste Spitze getrennt sind, obwohl sie sich nach unten immer mehr nähern.

Anfangs besteht das Antherenfach ganz aus einer und derselben Zellart, aus grossen parenchymatischen Zellen mit centralem Zellkern, ebenso besteht das rostellum mit Ausnahme der durch den Mittellappen laufenden Spiralgefässe, ganz aus dem gewöhnlichen Parenchym. Während sich nun die Zellen der untern schmälern Hälfte des Antherenfaches, sowie auch die mitten durch die obere Hälfte laufenden Zellen durch fortwährende Theilung schnell vermehren, scheinen die Zellen zu beiden Seiten der eben besprochenen Lamelle der Oberhälfte in der Theilung zurückzubleiben und jene grossen Mutterzellen des Pollens zu bilden, welche sich bald durch ihre dicke Zellwand von den andern unterscheiden und später die massulae der Pollinien begrenzen. Auf diese Weise differencirt sich die Scheidewand; sie ist jener vom allgemeinen Antherengewebe übrig gebliebene Theil, welcher sich nicht in Pollen umwandelt, ebenso wie auch die ganze untere Antherenhälfte.

Die beiden Pollinien eines Antherenfaches hängen nirgends mit einander zusammen, sondern sind so lange getrennt, bis sie das Viscin, nach theilweiser Resorption der Scheidewand, mit einander verkittet. Die grossen Urmutterzellen des Pollens erscheinen auf dem Querschnitt bei schwacher Vergrösserung wie Markstrahlen, welche von der Scheidewand nach beiden Seiten auslaufen; auf Zusatz von Chlorzink-Jodlösung färben sich deren Wände schön blau, und da sich der Inhalt zusammenzieht, kann man deutlich sehen, wie eine einzige Zelle den ganzen Complex von Specialmutterzellen einer massula umschliesst. So weit es mir gelang, die Pollenbildung bei Orchis maculata zu verfolgen, stimmt sie ganz mit der von Orchis Morio überein, deren ausführliche Beschreibung wir Hoffmeister verdanken, ich werde daher bei Orchis Morio das Hauptsächlichste anführen.

Da die Orchis maculata mehrere Monate in der Entwickelung hinter andern Arten zurückbleibt, so wählte ich, um die Untersuchung ununterbrochen fortsetzen zu können, eine andere species, welche aber in allen wesentlichen Punkten, was die Anthere betrifft, so vollkommen mit der eben beschriebenen übereinstimmt, dass das, was von der einen Art gilt, auch von der andern gesagt werden kann; möge also die Orchis maculata ergänzt werden durch die

Orchis mascula L.

Diese Art ist im März schon viel weiter vorangeschritten, als O. maculata; die oft schön gefleckten Blätter, durch ihre bedeutendere Breite von denen der maculata verschieden, ragen aus der Erde hervor, und die Knospen der noch versteckten Aehre sind $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien gross. Ein Durchschnitt weist genau dieselbe Lage der Perigonzipfel und der Anthere nach, wie bei der vorigen Art; überhaupt ist die Entwickelung des Perigon dieselbe und ich gehe daher nicht weiter darauf ein, sondern will sogleich zur Anthere selbst schreiten. Sie ist in der ganz jungen Knospe oben etwas breiter, als bei Orchis maculata, verschmälert sich aber unten schnell, wo sie in das nicht sehr breite rostellum einläuft (XV, 20). Bald ziehen sich die Antherenfächer in die Länge und erscheinen wie zwei Keulen, zwischen welche ein ziemlich langer Fortsatz des rostellum geschoben ist. Führt man nun Querschnitte in verschiedener Höhe durch die Anthere, so sieht man, wie jedes Fach eine vollkommene Scheidewand besitzt (XV, 21—24); die beiden Pollinien kommen unten nicht zusammen, sondern sind im Gegentheil nach unten mehr getrennt (XV, 24), indem sich da die Scheidewand in die untere pollenleere Hälfte des Faches verbreitert, oder vielmehr als solche sich verliert (denn es ist ja hier Nichts mehr zu scheiden). Die untern Fachhälften können als runde, vom übrigen Gewebe wohl unterschiedene und durch eine epidermis davon getrennte Zellpartien zu beiden Seiten des rostellum-Fortsatzes bis in die Flügel des rostellum verfolgt werden (XV, 25—27, c); in ihnen bilden sich nachher die caudiculae aus. Durchschneidet man endlich das in die bursicula sich umwandelnde rostellum selbst unmittelbar unter dem Ende der Antherenfächer, so sind bereits zwei rundliche Stellen angedeutet, in denen sich durch besondere Ausbildung der Zellen später die beiden retinacula entwickeln (XV, 33).

In den sich rasch entwickelnden Knospen geht nun folgende Veränderung in Bezug auf die Anthere vor sich: Von den massulae der Pollinien an bis in die äusserste Spitze des Faches bildet sich in länglichrunden Zellen ein eigenthümlicher Stoff von gelblichgrüner Farbe, der weder von Schwefelsäure, noch von Kalilauge merklich angegriffen wird. Diese Substanz füllt auch noch die Zellen beiderseits der Scheidewand, welche unmittelbar die Pollinien begrenzen (XVI, 1), nur sind dieselben Zellen hier nicht länglich, sondern rund. Wenn der Inhalt einmal in genügender Quantität gebildet ist, dann kann man den ganzen Zellencomplex dieses Stranges leicht aus dem Verband des übrigen ihn

umgebenden Gewebes lösen. Die Zellenreihe, welche den Viscinstrang unmittelbar umgibt, enthält zu dieser Zeit viel Stärkemehlkörner, was man auf Zusatz von Jod und Schwefelsäure leicht wahrnimmt. Dieselben stärkehaltenden runden Zellen setzen sich auch zwischen der epidermis der Antherenwand und den Viscinzellen fort, welche die Pollinien begrenzen. — Zur selben Zeit beginnt eine ähnliche Umwandlung in den Flügeln des rostellum, welche die bursicula genannt werden. Die Zellgruppen, welche hier den Klebstoff bereiten, erscheinen auf dem Querschnitt des rostellum rund, wie Fig. 29, Taf. XV zeigt. Die zwei Partien unter den Antherenfächern sind einander zwar sehr genähert, — nur zwei oder drei Reihen länglicher Zellen trennen sie von einander, — fliessen aber nicht zusammen, wie bei Orchis pyramidalis, welche Art wegen dieses Unterschiedes auch von Vielen zu einem eigenen Genus erhoben wird: Anacamptis pyramidalis. Die Klebstoffzellen in der bursicula unterscheiden sich von den Viscinzellen der caudicula durch Form und Inhalt, die Form ist hier rund, der Inhalt nicht feinkörnig, sondern in grosse Tropfen geballt, welche ein ölartiges Aussehen besitzen. Kalilauge löst diese Tropfen auf der Stelle (im jüngsten Zustand), von Schwefelsäure werden sie langsamer angegriffen, aber doch noch viel bedeutender als das Viscin der caudiculae. Dieser Inhalt ist nicht grünlichgelb, sondern hell, fast durchsichtig. Auch hier werden die Zellwände allmählig verflüssigt, so dass zuletzt der Inhalt sich zu einer homogenen Masse vereinigen kann.

Von grosser Wichtigkeit ist nun der Zusammenhang des Antherenfaches mit der bursicula. In der untersten Ecke, gerade da, wo sich die bursicula biegt, verdickt eine Partie Zellen die Zellwände sehr stark. Diese Gruppe bildet, wie es scheint, den hintersten Theil vom Gewebe des retinaculum und ist gegen das übrige Zellgewebe ziemlich scharf abgegrenzt (XVI, 1, 2, a), so dass auf dem Längsschnitt das ganze retinaculum in Form eines Kahnes erscheint, dessen Schnabel die eben beschriebene Zellgruppe ist (XVI, 1). In dieser Ecke nun scheint die epidermis des Antherenfaches mit jener der bursicula zusammenzuhängen; will man das Antherenfach herauslösen, so bricht es jedesmal ab, und nur der Stumpf bleibt an den dickwandigen Zellen der Ecke hängen; setzt man aber Kalilauge hinzu, so löst sich die Fachspitze selbst ab. Dasselbe ist auf dem Querschnitt der Fall, wenn man ihn nach der in Fig. 1, Taf. XVI bezeichneten Linie macht. Wir erhalten das Bild von Fig. 30, Taf. XV, wo die zwei dunkeln Punkte (c) die caudiculae bezeichnen, hinter welchen die verdickten Zellen (a) als mit dem Antherenfach zusammenhängend erscheinen, während vorne noch ein

Theil der beiden Gruppen von Klebstoffzellen sichtbar ist (r). In einem wenig spätern Zustand löst sich die Spitze auch auf Zusatz von Kalilauge nicht mehr ab.

Oeffnen wir nun eine Knospe, welche dem Aufblühen nicht mehr ferne ist (die Blumenblätter sind schon röthlich gefärbt und auf dem labellum zeigen sich Flecken), so finden wir einen Antherenzustand, wie ihn Fig. 4 auf Taf. XVI darstellt. Alle Theile sind nun mit blossem Auge sichtbar: bursicula und die darin liegenden retinacula als zwei weissliche Punkte, caudiculae und die Nähte der Fächer, nach welchen sie aufspringen, der lange Fortsatz des rostellum und die nun durch Verlängerung der Fächer ziemlich weit nach oben gerückten Staminodien. — Die seit dem vorigen Zustand erfolgten Veränderungen sind nicht gross. Die Klebstofftropfen des retinaculum nehmen ein opakes Aussehen an und werden körnig; Kalilauge löst sie nicht mehr so leicht auf, die Fachspitzen hängen sehr zähe am rostellum, so dass sie auch von Kalilauge nicht mehr abgelöst werden. — Das Viscin der langen Zellen in der caudicula ist nach Verflüssigung der Zellwände nun bereits zu homogener Masse vereinigt.

Das Verhalten der Klebstofftropfen innerhalb der bursicula zu Kalilauge ist ein ganz eigenthümliches. Anfangs verschwinden die hellen Tropfen auf Zusatz von Kalilauge ganz, wie ich schon bemerkte. In dem jetzigen Stadium sind viele der Tropfen noch hell, manche haben aber ein ganz körniges Ansehen, wie wenn sie aus lauter kleinen Kügelchen beständen, behalten aber vollständig ihre runde Gestalt. Setzt man nun Kalilauge zu, so färben sich diese Kugeln zuerst gelb, werden aber bald ganz hell und verlieren ihr körniges Ansehen. Die Zellwände werden von der Kalilauge zerstört, und der ganze Inhalt jeder Zelle liegt als ein freies länglichrundes oder eckiges homogenes Klümpchen da. Nach und nach wird in diesem Klümpchen ein heller Kern sichtbar und in diesem ein noch helleres kleines Körperchen, ähnlich dem nucleolus des Zellkerns (XVI, 9). Ob es wohl wirklich ein Zellkern mit seinem nucleolus ist? Ich wage hier nicht zu entscheiden. Nachher bekommen die Klümpchen wieder ein körniges rissiges Aussehen und bleiben in diesem Zustand. Ich beoachtete öfters diesen Verlauf von Metamorphosen, der in ungefähr 10 Minuten ganz vollendet ist.

Als ich eine ziemlich entwickelte Knospe öffnete, war ich erstaunt, das rechte Staminodium halb als Anthere ausgebildet zu finden, während das linke die gewöhnliche Verkümmerung als Lappen zeigte. Es scheint dies bei Orchis ein sehr seltener Fall zu sein, da man ähnliche Zustände bisher nur bei Limodorum abortivum kannte. Fig. 5, Taf. XVI

stellt diese Knospe dar nach Entfernung der äussern Perigonzipfel und des labellum, von dem noch der Sporn (n) übrig ist. Auf der einen Seite dieser Figur sieht man neben der Anthere noch seitlich ein Fach sitzen (st), es ist mit dem Kronblatt innig verwachsen, wie Fig. 6, die Seitenansicht, noch besser darthut, und selbst die Verlängerung des Faches mit der caudicula wird nicht vermisst (XVI, 5, c und 6, c). Die seitliche Anthere hat also nur ein Fach ausgebildet, und selbst bei diesem ist die Scheidewand nur angedeutet, wie der Querschnitt darthut (XVI, 7, d). Der Pollen hingegen hat sich in gewöhnlichen massulae regelmässig und vollständig ausgebildet, ebenso wie die caudicula, welche allerdings vergebens nach einem retinaculum sucht und so wahrscheinlich mit ihrem Pollinium nie befreit worden wäre, es sei denn durch Ausfallen, wenn sich etwa das Fach geöffnet hätte. — Dieser schöne Fall ist doppelt lehrreich; einmal beweist er klar, dass die caudicula nichts weiter, als eine eigenthümliche Ausbildung der Zellen im Antherenfache selbst, gleichsam die Fortsetzung des Pollinium ist; sodann bestätigt er die Annahme, dass die Staminodien wirklich unentwickelte Antheren sind. Einen ähnlichen, eben so interessanten Fall fand ich in Eria flava, einer Gattung aus der Unterfamilie der Malaxideen, Trib. Dendrobieen. Doch davon später.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zur bursicula und dem retinaculum zurück. In der bereits aufgebrochenen Blüthe haben sich die Antherenfächer bräunlichroth gefärbt, in ihnen liegen die beiden Pollinien ringsum von der Antherenwand und Scheidewand abgelöst und nur auf dem Viscinstiel sitzend. Ich untersuchte nun viele Antheren um zu sehen, ob die Fächer an der hintern Seite bis zum Grunde an das gynostenium angewachsen seien, und fand, dass dies am untern Antherentheil nicht der Fall ist (XVI, 10), also gerade noch wie in den jüngsten Zuständen; nur die Spitze war wie angewachsen und die caudicula sass schon auf der Oberhaut des rostellum-Flügels oder des retinaculum, so dass es den Anschein hatte, beide, caudicula und retinaculum seien nur eine Bildung und hätten stets zusammengehangen (was übrigens, nach den frühern Zuständen zu schliessen, ganz sicher nicht der Fall ist). Wohl zu bemerken ist, dass sich die Antherenfächer noch nicht geöffnet hatten, als die caudicula bereits am retinaculum fest sass. Aus diesem, sowie aus allem bisher über den Zusammenhang von caudicula und retinaculum Gesagten geht hervor, dass der unterste Boden der Fachspitze allmählig sich auflöst und in Klebstoff verwandelt. Es unterliegen dieser Umwandlung nur wenige Zellen, nämlich die auf dem Umkreis der Cau-

dicula-Spitze. Daher fehlt dieses Käppchen der geöffneten Fachspitze stets, wenn man die caudicula daraus entfernt hat (XVI, 11, a). Durch diese Umwandlung der Zellen geht die Anheftung der caudicula ganz allmählig vor sich; es erklärt sich auch dadurch die Anfangs schwache Verbindung, die leichte Ablösung durch Kalilauge, bis endlich die caudicula ganz fest mit der Hautschicht des retinaculum vereinigt ist. Ist dies geschehen, so kann man letzteres nicht mehr ohne die caudicula entfernen; diese hängt dann am hintern Ende des retinaculum fest (XVI, 8). Die Zellen der äussersten Fachspitze verhalten sich demnach zu der Kalilauge, wie die Klebstoffzellen des retinaculum selbst. Ist die caudicula entfernt, dann hängt das Antherenfach ganz frei in der bursicula, wenn es nicht etwa durch Zufall mit Klebstoff irgendwo befestigt wurde (XVI, 11). — Die bursicula löst sich zur Zeit der Blüthe genau im Umkreis des retinaculum ab und klappt bei dem leisesten Anstoss nach unten. Darwin ist geneigt, dieses Ablösen und Oeffnen der bursicula in Folge einer Berührung für eine eigenthümliche Lebensfunktion zu halten; ich glaube, dass diese Ablösung der Oberhaut einfach die Folge mechanischer Zerreissung beim Anstossen ist, da die Zellen der Linie, nach welcher die bursicula sich öffnet, sehr schwach sind.

Was nun die Art und Weise der Befruchtung mittelst dieser Vorrichtungen angeht, so gehört dies nicht mehr zur Entwickelungsgeschichte der Blüthe und liegt ausser dem Bereich dieser Untersuchungen; ich verweise nur auf Darwin's weitläufige Abhandlung über diesen Gegenstand.

Der Fruchtknoten zeigt in seiner Entwickelung nichts Besonderes; er besitzt im fertigen Zustand mässig erhöhte Rippen und ziemlich lang vorstehende zweizeilige Saamenträger, wie wir sie gewöhnlich bei den Orchideen finden (XVI, 12). Die Eichen sitzen in kleinen dichtgedrängten Büschelchen ohne Unterbrechung an den Leisten.

Orchis Morio L.

Die Entwickelung des Perigon, der Anthere und besonders der bursicula und des retinaculum weicht von der bei Orchis maculata und mascula nicht ab, weshalb ich auch hier nicht näher darauf eingehe. Ich will hier erwähnen, was Hoffmeister über die Pollenbildung der Ophrydineen sagt, und was ich, soweit mir die Untersuchung gelang, bei dieser, sowie bei beiden vorhergehenden Arten, maculata und mascula, bestätigen kann.

Jede massula der Pollinien ist eine ursprüngliche Urmutterzelle

des Pollens, welche durch wiederholte Theilung die ganze Gruppe von Zellen einer massula bildete, wie dies aus frühen Antherenzuständen hervorgeht. Die Wand dieser Urmutterzelle ist von Anfang an stärker als die der Tochterzellen. Wenn die Zahl der Zellen einer massula voll ist, verdicken sich die Aussenwände der Oberflächezellen; diese verdickten Wandungen reagiren mit Jod und Schwefelsäure auf Cellulose. Der primäre centrale Zellkern einer jeden Pollenmutterzelle wird nun aufgelöst und an seine Stelle treten zwei secundäre, nach deren Wiederverflüssigung vier tertiäre, die Zellkerne der Tetraden nämlich. Zugleich wird eine Membran sichtbar, welche die ganze Zelle auskleidet, und deren äusserste Schicht, welche aber nur an den verdickten Zellwänden wahrzunehmen ist, sich als cuticula bewährt, während die innern die Eigenschaften einer Cellulose-Membran besitzt. So erhalten also hier, wie bei allen Ophrydineen, nur wenige Pollentetraden, die äussern jeder massula, eine Exine und zwar eine unvollkommene, da sie sich nur an der Oberfläche der massula hinzieht und zwischen je zwei Pollenmutterzellen nach innen verliert. Auf Taf. XVI, Fig. 3 ist ein Seitenstück einer massula mit Jod und Schwefelsäure behandelt. Die Urmutterzellhaut ist noch vorhanden. Noch besser tritt die unvollkommene cuticula der Tetraden hervor, wenn man eine reife massula einige Zeit mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, es bleibt dann ein schönes Netz der cuticula zurück, während alles Uebrige zerstört wird. Nach der Bildung der vorhin erwähnten Cellulose-Membran erfolgt die Viertheilung des Inhalts und zugleich die Resorption der Mutterzellhäute, welche die cuticula bedeckten; so werden die massulae unter sich und von der Antherenwand frei und hängen jetzt nur mehr mit der innern Scheidewand des Faches zusammen.

Ich untersuchte noch andere Orchis-Arten, z. B. die Orchis militaris und die O. incarnata, fand sie aber in allen wesentlichen Punkten, welche bursicula und retinaculum betreffen — und darauf nahm ich ja besonders Rücksicht — mit den vorhergehenden drei Arten so übereinstimmend, dass ich es für überflüssig halte, das dort Gesagte zu wiederholen.

Anacamptis und **Ophrys**

sind zwei Gattungen, welche der Orchis in Bezug auf bursicula und retinaculum am nächsten stehen. Der Unterschied beruht auf einer kleinen Modification des rostellum. Die jüngsten Antherenzustände sind kaum von denen der Orchis-Arten zu unterscheiden; später aber

unterbleibt bei Anacamptis pyramidalis die Einbuchtung zwischen den seitlichen Flügeln des rostellum und die Klebstoffbildung ergreift nicht nur zwei rundliche Partien, sondern den ganzen innern Theil des rostellum, wie ein Querschnitt durch dasselbe zeigt (XVI, 13).

Bei Ophrys findet nun gerade das Gegentheil statt; bei Ophrys myodes z. B. wird schon sehr früh die Einbuchtung zwischen beiden rostellum-Flügeln so stark, dass man sie für zwei ganz getrennte Organe ansehen könnte (XVI, 14, r). Der Rostellfortsatz fehlt deshalb hier und ein durch die Mitte der Anthere geführter Längsschnitt (XVI, 15) wird sich wesentlich unterscheiden von einem solchen bei Anacamptis (XVI, 16). Orchis bildet gleichsam ein Mittelglied zwischen Anacamptis und Ophrys, wie schon die drei neben einander gestellten Antherenzustände zur Zeit der Pollenreife darthun: Taf. XVI, Fig. 4 von Orchis mascula, Fig. 17 von Anacamptis pyramidalis, Fig. 18 von Ophrys myodes. — Die Anheftung der caudicula an den Klebstoff des retinaculum, sowie die Entstehung dieser Organe, zeigt bei beiden Arten keinen wesentlichen Unterschied von Orchis.

Platanthera bifolia Rich.

Die Entwickelung des Perigon weicht von der in der Gattung Orchis nicht ab; dagegen zeigen sich in Bezug auf die Anthere Eigenthümlichkeiten, insbesondere in Bezug auf die Verbindung derselben mit dem retinaculum. Der erste Antherenzustand hat noch Aehnlichkeit mit dem in Orchis. Das rostellum bildet über der Narbe ein Schildchen (XVI, 19, r) vor den Antherenfächern, welche hier Anfangs ziemlich weit auseinander stehen und statt sich einander zu nähern, mit ihren Spitzen weit abstehen. Das Connektiv der Anthere zieht sich hier nicht in eine Spitze aus, sondern zeigt oben eine Einbuchtung (XVI, 19, 20, c). — Während nun bei Orchis das rostellum, durch die sich verlängernden Antherenfächer gleichsam gezwungen, eine taschenförmige Ausbiegung macht, unterbleibt dies hier in der Mitte ganz und geschieht in den beiden Flügeln nur sehr schwach, wie in Fig. 20, n angedeutet ist. Der Raum in der Mitte wird also hier von einem fast ebenen, nur schwach dachförmig gebogenen Plättchen eingenommen; dass dasselbe übrigens identisch mit dem schmalen langen rostellum-Fortsatz der Orchis sei, beweist besonders der Längsschnitt mitten zwischen den beiden Fächern geführt (XVI, 21, r). Man sieht, dass das Gefässbündel (die Spiralgefässe), welches im Connektiv (c) aufsteigt, einen Zweig in das rostellum absendet, und dass überhaupt nur die sackartige Ausbuchtung am rostellum fehlt, um

das Bild von Taf. XV, Fig. 33 (Orchis mascula) zu bekommen*). Fig. 22 Taf. XVI stellt einen seitlichen Längsschnitt durch ein Antherenfach geführt dar, wo der rostellum-Flügel an der Stelle der Aussackung etwas gebogen ist, auch erscheint daselbst hinter dem Antherenfach ein Staminodium. Noch weiter seitlich geführt, da wo sich das Fach hornartig nach aussen krümmt, hat der Schnitt die meiste Aehnlichkeit mit einem aus Orchis, die Anthere ist unten kinnartig vorgezogen und der rostellum-Flügel ziemlich stark gebogen (XVI, 23). Dieser Schnitt, sowie der von Figg. 21 u. 22 ist übrigens durch einen vorgerückten Antherenzustand geführt, wie ich ihn in Fig. 20 darzustellen versuchte. Daselbst erscheinen die Antherenfächer stark divergirend, hinter ihnen die beiden Staminodien bedeutend entwickelt und wie gewöhnlich von Raphidien ganz erfüllt.

Die Antherenfächer sind lang und schmal, auf dem Querdurchschnitt erscheinen sie oval (XVI, 24) und mit dem Connektiv nur schwach zusammenhängend. Die Scheidewand der Fächer ist durchaus wie in Orchis; die Pollinien sind unter sich ganz getrennt (XVI, 22) und bestehen aus länglichen massulae, ähnlich denen bei Orchis.

Der Hauptunterschied zwischen Orchis und Platanthera besteht darin, dass letztere ein anders entwickeltes retinaculum und keine bursicula besitzt. Bei Orchis sahen wir, wie sich im rostellum zwei Zellpartien in Klebstoff umwandelten, sie lagen in der Mitte des Gewebes der bursicula, jederseits unter einem Antherenfach; bei Platanthera beginnt nun eine ganz ähnliche Klebstoffbildung in den äussern Schichten der Anfangs aus gleichartigen Zellen bestehenden rostellum-Flügel, und zwar nicht bloss etwa in kleinen Partien, sondern auf der ganzen Vorderseite des Flügels, so dass sich der Klebstoff so weit erstreckt, als der Flügel selbst (XVI, 23, r). Die Bildung schreitet von aussen nach innen fort.

Die beiden Flügel des Schildchens, welche sich Anfangs flach vor der Anthere ausbreiteten, neigen sich in den folgenden Entwicklungsstadien immer mehr gegen einander nach innen zu, bis zur Zeit der Pollenreife die beiden Klebscheiben sich die Spitze kehren und einander fast berühren (XVI, 26, r). Auch die Anfangs gespreizten Antherenfächer folgen derselben Wendung und biegen sich einwärts (XVI, 25), so dass besonders die untersten Theile, die Enden der zwei

*) Darwin glaubt, dass der rostellum-Fortsatz in Orchis ursprünglich auch ein Plättchen war und dass sich dieses durch Näherung der beiden Flügel allmählig zusammengefaltet habe, deshalb nennt er es auch schlechtweg die Hautfalte. Hier bei Platanthera ist allerdings der Anfang zu einer Falte gelegt durch die dachförmige Biegung.

caudiculae genau hinter die beiden Klebscheiben zu liegen kommen, und von diesen nur mehr durch eine dicke Hautschicht getrennt sind. Diese Hautschicht ist hier das Aequivalent der dickwandigen grossen Zellen in der Ecke der bursicula bei Orchis, und die Anheftung der caudiculae an diese Zellen und durch sie an die Klebscheibe selbst, geht wesentlich auf dieselbe Weise vor sich wie bei den Orchis-Arten.

Epipogium Gmelini Rich.

Diese eben so seltene als interessante Gattung konnte ich nicht in lebenden Exemplaren untersuchen. Die in Weingeist aufbewahrten Blüthen verdanke ich der Güte und Freundlichkeit des im vorigen Jahre verstorbenen Hrn. Prof. Schacht.

Das labellum bleibt hier in seiner ursprünglichen obern Lage, da sich weder der kurze dicke Fruchtknoten, noch der Blüthenstiel dreht (XVII, 1). Es ist daher unrichtig, was man noch in mancher Flora liest, die Blüthe sei durch Drehung des Blüthenstiels aufwärts gerichtet; es ist dies ihre ursprüngliche Lage, wie sie es auch bei andern Orchideen im Knospenzustand ist.

Epipogium wird oft noch zu den Ophrydineen gezählt*), weshalb ich ihm hier seinen Platz anweise. Es scheint aber eine eigenthümliche Mittelform zwischen verschiedenen Unterfamilien, besonders zwischen Ophrydineen und Epidendreen zu sein; mit beiden Unterfamilien hat die Pflanze Vieles gemein, mit der erstern besonders die Pollenbildung und die caudicula, mit letzterer die Antherenlage, den Bau des rostellum und die Befestigungsweise der caudiculae an dessen Klebscheibe. Im Ganzen macht diese Pflanze auf mich wenigstens mehr den Eindruck einer Epidendree, als einer Ophrydinee.

Die Pollinien nehmen in der Anthere einen verhältnissmässig geringen Raum ein, wenn man das ungemein stark entwickelte Connektiv betrachtet. Die Anthere hat sich vorn über das rostellum herübergebeugt und liegt wie in einer Schüssel, welche vom rostellum und den seitlichen, durch Ausdehnung der Staminodien entstandenen Flügeln gebildet und androclinium oder auch clinandrium genannt wird. Auf diese Weise wird die Seite, welche bei den Ophrydineen die vordere ist, hier die untere der Anthere. Ob die Anthere ursprünglich aufrecht auf dem gynostenium stehe, wie ich bei den Epidendreen direkt beobachtete, kann ich hier beim Mangel an jungen Knospenzuständen nicht entscheiden, vermuthe es aber. — Das Con-

*) Endlicher Enchirid. bot. — Andere bringen die Gattung bei den Neottieen unter, wieder Andere constituiren eine Unterfamilie Limodoreen etc.

nektiv der Anthere zieht sich vorn in einen schnabelartigen Fortsatz aus (XVII, 2) und schliesst sich dadurch an die Klebscheibe an. Von diesem Fortsatz angefangen läuft nun in jedem Fach, gerade vor der Scheidewand der Fächer bis zum hintersten Ende der Pollinien ein Band von Viscin; hinten hängt es mit den Pollinien zusammen, gerade wie die caudiculae in Orchis. Nach vorne hingegen ist dieses Viscinband von den Pollinien durch ein noch zur Scheidewand gehöriges Gewebe getrennt. Dieses Gewebe scheint sich mit einem Theil der Scheidewand zu resorbiren, so dass zur Pollenreife die Pollinien auf den Viscinbändern liegen. — Vor diesen Viscinbändern sind aussen auf der Anthere zwei Linien vorgezeichnet, nach welchen die Fächer aufspringen. Die Zellen der Oberhaut an diesen Stellen sind ringförmig verdickt, wie ich einige auf Taf. XVII in Fig. 3 dargestellt habe. Diese ringförmig verdickten Zellen der Antherenwand fand ich bei manchen Epidendreen wieder.

Bis jetzt also war die Anthere ganz getrennt vom rostellum, sie lag demselben zwar genau an, hing aber nirgends damit zusammen, wie ich an einer ungeöffneten Anthere deutlich sehen konnte. Gute Querschnitte sind von diesen in Alkohol bewahrten Exemplaren schwierig herzustellen, besonders durch reife Antheren. Combinire ich aber die Bruchstücke, welche ich durch die Schnitte erhielt, so haben wir die Fig. 7 auf Taf. XVII, worin die Scheidewand zwischen Pollinien und caudicula resorbirt ist; a ist die Stelle der ringförmig verdickten Zellen der Antherenwand, c die caudicula, p die Pollinien. Oeffnen sich nun die zwei Fächer, so dürfen die caudiculae nur etwas hervortreten, um mit dem obersten klebrigen Rande der glandula in Berührung zu kommen, und so findet man denn gewöhnlich in reifen Antheren die Spitzen beider caudiculae an der herzförmigen Klebscheibe hängen z. B. in Fig. 5, XVII. Den Akt der Anheftung selbst konnte ich natürlich bei diesen in Alkohol bewahrten Exemplaren nicht beobachten. — Es scheint, als ob die Viscinbänder ihre ursprüngliche zellige Natur (als Theile des Antherengewebes nämlich) nie ganz verlören, wie bei Orchis, denn in ganz reifen Antheren hatte das Band ein zelliges Aussehen; die Zellen — vielleicht nur an der Oberfläche vorhanden — sind gross, länglich und meistens sechseckig; Fig. 6 auf Taf. XVII stellt ein Stück eines Bandes dar.

Die glandula ist der vordere obere Theil des rostellum, welcher polsterartig verdickt ist und aus Klebstoff haltenden Zellen besteht (XVII, 2, g. 4, g). Von vorne gesehen hat sie ein herzförmiges Aussehen; sie löst sich wegen ihres lockern Gewebes leicht aus dem

parenchymatischen Verbande des übrigen rostellum. Der Staubweg ist sehr kurz und mit leitendem Gewebe ganz erfüllt, er wird gebildet durch die Ausbuchtung des untersten Theiles vom rostellum und den über dem labellum entspringenden Narbenlappen, welche einen ähnlichen Schnabelfortsatz, wie das rostellum selbst, besitzen (XVII, 4). Der Fruchtknoten ist kurz, dick und fast dreieckig, die zahlreichen ovula sitzen büschelförmig an langen Stielchen, welche in drei zweizeiligen Reihen der Höhlenwandung eingefügt sind, wie Fig. 8, Taf. XVII im Querschnitt zeigt.

II. Neottieen.

Listera ovata R. Br.

Untersucht man die jüngsten Zustände dieser Neottiee, so findet man, dass die zwischen den zwei grossen ovalen untern Blättern noch versteckte Aehre dichtgedrängte, dachziegelförmig auf einander liegende Knospen mit Brakteen enthält, welche kaum bis zur Knospenspitze reichen. Das lange labellum legt sich im Knospenzustand mit seinen beiden Seitenlappen um die Anthere und umfasst deren ganze obere Hälfte. Das gynostenium endigt oben in ein dünnes Plättchen, an dessen Grunde die Anthere an einem sehr kurzen Filament sitzt. Dieses Plättchen (XVII, 10, st die Anthere von hinten gesehen, 14, st) wird gewöhnlich als das verlängerte gynostenium bezeichnet; ich glaube jedoch, dass es eher aus den beiden Staminodien entstanden ist, wenigstens zum grössten Theil, besonders da es ein sogenanntes androclinium bildet, was die Staminodien gern thun. Die Seiten des hintern Plättchens sind nämlich unten mit dem vordern Plättchen, dem rostellum, verbunden, so dass die Anthere wie in einer Schüssel liegt. Das Gewebe dieses hintern Plättchens stimmt ganz mit dem der Staminodien in Orchis, ebenso enthält es eine Unzahl von Raphidien, wie letztere. Seine Form ist oft nicht ganz symmetrisch und zeigt meistens oben eine Einbuchtung. Wenn man seine Stellung in XVII, 14, st betrachtet, wird man sogleich an die Staminodien in Orchis oder Platanthera erinnert (cf. XVI, 22, st).

Complicirter ist die Vorderseite der Anthere (XVII, 9), welche übrigens der hintern auf den ersten Blick in jungen Zuständen ähnlich ist. Auch hier haben wir ein Plättchen, aber ganz anderer Art. Unter der Anthere entspringt es unmittelbar über der Narbe und verläuft bis zur halben Höhe der Anthere (XVII, 14, r). Unten hängt es nach der hintern Seite mit dem hintern Plättchen zusammen, wie

ich schon bemerkte, nach vorn aber, ebenfalls durch seitliche Verbindung, mit dem obern Rande der zwei Narbenlappen (XVII, 9, n). Die beiden Narben sind durch eine kleine Einbuchtung am obern Rande geschieden. Der Bau des rostellum ist nun ganz eigenthümlich. Hooker hat es vor längerer Zeit beschrieben und Hoffmeister hat dessen Arbeit in der schon erwähnten Abhandlung: „Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen" einige Berichtigungen und Ergänzungen beigefügt [1]), ich referire hier nur, was ich selbst beobachtete.

Das rostellum besitzt an seinem Grunde ziemlich kleine polygonale Zellen, auf ihnen erheben sich auf der der Anthere zugekehrten Seite sehr lange Zellen, welche vom Grunde fast bis zur Spitze des rostellum reichen. Ihre Zahl ist beschränkt, gewöhnlich sind es gegen 20. Seitlich derselben besteht das rostellum aus gewöhnlichen länglichen Parenchymzellen, sowie auch der ganzen Dicke nach; denn die erwähnten sehr langen Zellen liegen alle in einer Ebene und nehmen nur die oberste Schicht ein. Sie sind mit feinkörnigem Inhalt erfüllt; die Körnchen sind hell und den Tropfen im retinaculum von Orchis ähnlich. Kalilauge löst sie nicht auf, durch Jod und Schwefelsäure hingegen scheinen die Körnchen als solche zu verschwinden, der ganze Inhalt nimmt dann ein eigenthümliches maschiges Aussehen an, wie man es bei homogenem Klebstoff oft findet. Am obern Ende, gegen die Spitze des rostellum, bilden diese langen Zellen zapfenähnliche Auswüchse, welche keinen körnigen Inhalt mehr besitzen und mit einer streifenartig gefelderten cuticula versehen sind (XVII, 12, b). Auch der übrige Theil der Zelle ist mit einer cuticula versehen, die aber viel zarter und langmaschig gefeldert ist. Die Zapfen, besonders die mittlern, reichen noch über den Rand des rostellum hinaus (XVII, 11, b). Auf dem Längsschnitt (XVII, 12) sieht man, dass das rostellum am Grunde aus 5 bis 6, an der Spitze aber nur aus 3 bis 4 Zellschichten besteht. An der Spitze sind die Zellen hinter den Papillen ziemlich klein und mit körnigem Inhalt gefüllt (XVII, 12, a), der sich mit Jod und Schwefelsäure schön blau färbt, und auch schon auf der vordern Ansicht als eine dunkle Zone sichtbar ist (XVII, 11, a). Fig. 13 stellt die Spitze vergrössert und mit Jod und Schwefelsäure behandelt vor.

Die vollkommen vierfächrige Anthere besitzt zwei ziemlich breite und nahe zusammenliegende Hauptfächer (XVII, 20); zur Zeit der

---

1) Die Pflanze heisst dort Neottia ovata.

Pollenreife löst sich die Scheidewand der Fächer an der Vorderseite ab (XVII, 15). Die Zellen jener Linie, nach welchen sich die Fächer öffnen, sind ringförmig verdickt, ungefähr wie bei Epipogium Gmelini. Caudiculae sind nicht vorhanden. Wenn das Fach aufspringt, so rollen sich die trockenhäutigen Flügel nach innen ein (XVII, 16), so dass die Pollinien hervorgedrängt werden. Legt man einen solchen Antherenquerschnitt mit eingerollten Wänden ins Wasser, so rollen sich letztere wieder auf. Diese Bewegung beruht also, wie in den meisten ähnlichen Fällen, auf der Austrocknung gewisser Zellpartien. Da nämlich die innern Zellen der Antherenwand nicht verdickt sind, so können sie sich bei der Austrocknung leicht zusammenziehen, die äussern hingegen werden an dieser Zusammenziehung durch die Verdickungen gehindert und zwingen so das Antherenfach nothwendig zu diesem Aufrollen. — Die Pollinien jeden Faches sind zweilappig, nicht in massulae vereinigt, sondern aus ziemlich losen Pollentetraden bestehend; denn die Viscinfäden sind sehr schwach und die Pollenmassen lassen sich leicht zerreiben. Nur an der obersten Spitze enthalten die Pollinien mehr Viscin, so dass es scheint, es finde sich hier der erste Anfang zur caudicula. Die Tetraden sind daselbst förmlich in zähes, elastisches, gelblich-grünes Viscin eingebettet, auch treten an dieser Stelle die Pollinien beider Fächer bei ihrem Austritt in Verbindung und hängen fortan ziemlich zähe zusammen (XVII, 18); sie beugen sich nach ihrem Austritt etwas über das breite rostellum.

Die Oeffnung der Anthere geschieht schon vor der Entfaltung der Blüthe. Das rostellum bricht zur Zeit der Pollenreife bei der geringsten Berührung hinter den Papillen der grossen Zellen auf und letztere entledigen sich ihres Inhalts auf eine sehr stürmische Weise; der Klebstoff tritt aus, liegt als ein grosser Tropfen an der Spitze des rostellum und erhärtet sehr bald. Man kann das Ausströmen des Klebstoffs unter dem Mikroskop beobachten, wenn man das rostellum aus einer noch nicht ganz reifen Knospe vorsichtig mit dem Deckgläschen drückt. — Von ungefähr 30 Blüthen, die ich untersuchte, war der Klebstoff bei wenigstens 20 nicht ausgetreten, er befand sich dann als braune Masse (der frische Klebstoff ist weisslich) in den langen Zellen und konnte weder durch Berührung, noch durch Drücken ausgetrieben werden. Den Grund hievon suche ich darin, dass diese Blüthen bei dem im ersten Frühjahr [1]) noch seltenen Besuch von In-

1) Ich fand nämlich die Pflanze schon Mitte April an einem grasreichen mit Gebüsch bewachsenen Hügel in Blüthe.

sekten nicht zur gehörigen Zeit den Reiz der Berührung, welcher zur Entleerung erforderlich zu sein scheint, erhielten. Das rostellum wird in diesem Fall ganz braun und bald trockenhäutig.

Wenn aber der Klebstoff durch irgend eine Reizung des rostellum ausgestossen wird, so drängt er sich zu beiden Seiten der Spitze des rostellum heraus und fliesst sogleich in einen Klumpen zusammen. Sind die Pollinien weit genug über die Spitze des rostellum vorgeneigt, so heften sie sich schon von selbst an den Klebstoff an und werden mit Leichtigkeit von berührenden Gegenständen, z. B. einem Insektenkopf, davon getragen, wobei zu bemerken ist, dass in diesem eigenthümlichen Falle keine einzige Zelle vom rostellum abgelöst wird, da doch sonst gewöhnlich ein ganz bedeutender Theil desselben in der glandula entführt zu werden pflegt. Nur der ausgepresste Klebstoff wird entfernt, das rostellum bleibt ganz, und es scheint sogar, dass es mehrmals für den Reiz empfänglich ist; denn ich berührte es dreimal in kurzen Zwischenräumen und dreimal erfolgte eine theilweise Entleerung, die beiden letztenmale allerdings viel schwächer als das erstemal. — Auch wenn der Klebstoff schon als Klümpchen an der Rostellumspitze liegt, besteht er noch grossentheils aus kleinen hellen Kügelchen; setzt man aber Jod und Schwefelsäure hinzu, so verschwinden die Kügelchen, und die Masse bekommt ein homogenes, aber rissiges Aussehen.

Was nun den Bau der vollkommenen Blüthe anbelangt, so bilden alle Blumenblätter zusammen, mit Ausnahme des labellum, einen Helm über der Befruchtungssäule. Die zwei innern obern (resp. untern) Kronblätter sind schmäler als die drei äussern unter sich gleichen Kelchblätter, und röthlich-braun angeflogen. Die Lage des labellum ist ursprünglich gerade nach oben gerichtet, erst allmälig dreht sich der Blüthenstiel, nicht aber der Fruchtknoten, während sich die Blüthe öffnet, so dass es dann nach unten hängt. Es besitzt keinen Sporn, statt dessen vom Grunde bis zur Stelle der Spaltung eine Rinne, welche Nektar absondert und sich am Grunde in ein Grübchen verbreitert. Der Nektar liegt wie eine Hautschicht in der Vertiefung und besteht aus kleinen grünlichen Kügelchen, ähnlich denen des Klebstoffes, mit welchen er auch eine ziemliche Zähigkeit gemein hat.

Der Staubweg ist nicht lang und mit leitendem Gewebe erfüllt; er führt in einen kurzen Fruchtknoten, welcher fast dreieckig ist und 6 Rippen besitzt, von welchen die der Ecken die stärkern sind, wie der Querschnitt zeigt. Die Eichen sitzen büschelweise an den zweizeiligen Leisten (XVII, 14). Die kurzen Deckblätter und der obere

Theil des Stengels sind dicht mit Drüsenhaaren besetzt, von welchen in Fig. 19, Taf. XVII ein einzelnes dargestellt ist.

Epipactis latifolia All.

Diese spät blühende Gattung hat in den ersten Knospenzuständen viele Aehnlichkeit mit Listera; vor der Anthere erhebt sich ein breites, ziemlich dickes Plättchen, so dass das Bild dieser jungen Knospe dem der Listera gleicht (XVII, 21). Das rostellum ist aber hier nicht so complicirt, wie bei letzterer Art, die langen Zellen fehlen ganz, es scheidet nur an der obersten Spitze, besonders auf der Aussenseite, Klebstoff ab, indem die Bildung von den äussern Zellen nach den innern fortschreitet, gerade wie bei Platanthera, Gymnadenia und andern ähnlichen Gattungen. — Die Anheftung der Pollinien geschieht wie bei Listera, nur dass der Klebstoff nicht erst dem rostellum entlockt zu werden braucht, sondern sich stets bereit an dessen Spitze findet, bloss von einem äusserst dünnen, bei jeder Berührung zerreissenden Häutchen bedeckt. Eigentliche caudiculae fehlen auch hier.

Nachdem ich einige einheimische Gattungen, von welchen eigentlich nur die Ophrydineen zur Untersuchung der bursicula und des retinaculum geeignet sind, beschrieben habe, theile ich noch einige Beobachtungen an tropischen Orchideen-Gattungen mit, denn um die aus der Untersuchung gezogenen Schlüsse verallgemeinern zu können, dürfen wir keine Unterabtheilung der Familie unberücksichtigt lassen. Allerdings führe ich die folgenden Gattungen mehr der Vergleichung, als der eingehenden Untersuchung wegen an; denn für letztere reichte mir das Material nicht aus, und ich besass von jeder Art meistens nur einige Knospen oder Blüthen. Vor Allem muss ich hier dem Herrn Consul Schiller in Hamburg meinen öffentlichen Dank aussprechen, welcher mich auf meine Bitte mit seiner Orchideen-Sammlung, wohl der grössten in Europa, grossmüthig unterstützte. Sodann erhielt ich auch aus dem Garten des Herrn Bankier Oppenheim in Köln einige Arten, welchem ich deshalb ebenfalls zu grossem Danke verpflichtet bin.

III. Epidendreen.

Epidendrum elongatum All.

Die Anthere der Knospe ist vollkommen vierfächerig und bleibt es bis zur Reife, dann wird die Scheidewand nur in dem Dreieck, zwischen der caudicula und den zwei Pollinien resorbirt an der Stelle a Fig. 22, Taf. XVII. Dass die Scheidewände fast ganz bleiben, zeigt der Querschnitt einer reifen aufgesprungenen Anthere. Anfangs sind beide Pollenmassen eines Faches unter sich und von der caudicula ganz getrennt (XVII, 23) und auch nach der theilweisen Resorption der Scheidewand sind sie nur am hintersten Ende durch das Viscin der caudicula verbunden (XVII, 24), was mit der eigenthümlichen Ausbildung letzterer im Zusammenhange steht. Vor den beiden Pollinien jeden Faches liegt ein langer, ziemlich dicker Strang von gelblichgrüner Viscinmasse ganz isolirt im Antherengewebe; auf dem Querschnitt sieht er aus wie ein kleines Pollinium, welches aber nur am Rande aus Pollentetraden besteht, während die innere Masse homogen und deshalb etwas durchsichtiger ist (XVII, 25). Wir haben es hier mit einer eigentlichen Pollenbildung zu thun. Die Tetraden sind vollkommen, scheinen mir aber etwas dunkler und körniger zu sein, als die gewöhnlichen (Fig. 26) und bilden sich nur an der Aussenseite der caudicula, innen ist die Viscinbildung dieselbe wie in Orchis, d. h. die mit körnigem Inhalt erfüllten Zellen verflüssigen sich zu homogenem Viscin. Dieser Fall, der sich bei den Epidendreen oft wiederholt, ist für das Verständniss der Bildungsweise des Viscin überhaupt sehr lehrreich.

Nachdem sich die Anthere unten, wo sie dem rostellum aufliegt, in zwei Längsrissen gerade vor den caudiculae, also an der schwächsten Stelle, geöffnet, treten die caudiculae beider Fächer etwas hervor und kleben sich an der Spitze des rostellum fest. Es ist dies eine Ausnahme in der Unterfamilie der Epidendreen, da die andern genera und selbst viele Epidendrumspecies ihre caudiculae nicht von selbst am rostellum befestigen. Nach Darwin löst sich bei Epidendrum floribundum die ganze Oberseite des rostellum in Klebstoff auf, in andern species, wie in Epidendrum glaucum, soll die Oberhaut so zart sein, dass sie bei der leisesten Berührung platzt und Klebstoff ausschwitzt. In dem von mir untersuchten Epidendrum elongatum ist das rostellum vorne zweilappig, der Klebstoff, welcher sich an der ganzen Unterseite findet und mit dem der Narbe zusammenhängt,

sondert sich an der Oberfläche nur an zwei Stellen aus: nämlich in jedem der zwei Lappen, genau unter der caudicula jeden Faches, bildet sich eine klebrige Drüse, mit welcher dann nach Oeffnung der Anthere die caudicula in Verbindung tritt. Ob der Klebstoff von selbst ausschwitzt, oder erst auf Berührung, konnte ich nicht beobachten. Fig. 27 ist ein Querschnitt dieses eigenthümlichen rostellum, g ist die doppelte Klebdrüse oder glandula, n das leitende Narbengewebe, welches sich bis zur Rostellumspitze fortsetzt und bei der glandula bis an die Oberfläche durchbricht, so dass die Klebscheibe, in dieses lockere Gewebe eingebettet, sehr leicht sich ablösen lässt.

Was die Pollenbildung betrifft, so fiel es mir schon bei den Ophrydineen auf, in demselben Pollinium die Tetraden in so verschiedenen Entwicklungszuständen zu treffen, fast vollendete und noch sehr unentwickelte Körner. Dasselbe bemerkte ich hier, und zwar glaube ich, dass die Pollenbildung von aussen nach innen fortschreitet. Auf dem Querschnitt der Pollinien findet man, dass die äussern Tetraden fast ausgebildet sind, während sich die in der Mitte als sehr unvollkommen erweisen, was auf Anwendung contrahirender Reagentien besonders deutlich hervortritt. Auch besitzen die am Rande eine starke gelbe Färbung, die in der Mitte aber haben sich erst kaum gefärbt.

Bletia Tankarvillia Lk.

Im jungen Knospenzustande steht die Anthere aufrecht auf dem gynostenium und das rostellum erhebt sich vor den beiden Fächern als eine rundliche Platte (XVII, 28, r). Der Längsschnitt zeigt das weit über die Antherenfächer ausgezogene Connektiv (XVII, 29, c) und zugleich aber auch die grosse Aehnlichkeit dieses jugendlichen Zustandes mit dem der weit entfernten Orchis-Arten. Die Fächer der Anthere erscheinen auf dem Querschnitt vollkommen zweifächerig, besitzen aber ausser der Längsscheidewand auch noch eine Querscheidewand, so dass jedes Fach vierfächerig, die ganze Anthere also achtfächerig ist. In der Folge biegt sich die Anfangs aufrecht stehende Anthere vorn über das Schnäbelchen herüber, welches sich bedeutend verlängert und verbreitert, so dass der vordere Antherentheil jetzt der untere wird (XVII, 30). An dieser untern (resp. vordern) Seite bildet sich nun zwischen der Antherenwandung und den Pollinien, oder vielmehr der Scheidewand, der Viscinstrang aus, welcher hier nicht bloss an seiner äussersten Spitze die Pollinien verbindet, wie bei der vorigen Art, sondern auch in der Mitte für das untere Lappenpaar eine Anheftungsstelle besitzt (XVII, 31). Die Ausbildungs-

weise der caudicula weicht von der bei Epidendrum durchaus nicht ab. Die Anthere reisst zur Zeit ihrer Reife in zwei Längsspalten auf, so dass die caudiculae mit ihren Pollenmassen unmittelbar auf dem rostellum liegen. Letzteres besitzt eine Oberhaut von fast conischen Zellen, welche keinen Klebstoff absondern und somit die von Pollentetraden umhüllten Viscinstränge nicht anheften. Die Unterseite des rostellum ist mit dem Klebstoff der Narbe überzogen.

Die Scheidewände der Fächer werden hier bis auf ziemliche Tiefe resorbirt und hängen nach Entleerung der Anthere als lose Fäden herab. Wenn die caudiculae hervortreten, so vereinigen sie sich an der vordersten Spitze, können aber leicht getrennt werden.

Mehrere andere Epidendreen, die ich untersuchte — Epidendrum odoratissimum Lindl., Acanthephippium Sythelense und bicolor Lindl., Laelia flava Lindl. etc. — übergehe ich der Kürze halber. Wir kommen jetzt zu der vielgestalteten, artenreichen und schönsten Unterfamilie der Vandeen.

IV. Vandeen.

Cymbidium aloifolium Bl.

Von dieser Orchidee standen mir keine ganz jungen Knospen zu Gebote; ich fand die Anthere bereits nicht mehr vollkommen vierfächerig (XVII, 32), obwohl ich nicht zweifle, dass sie es im ersten Zustand der Entwickelung ist. Die ursprünglich aufrechte Anthere hat sich auch hier über das rostellum geneigt, und so scheint die Scheidewand, wie immer in diesem Fall, von hinten nach vorne, statt von unten nach oben zu verlaufen. Am vordern Ende der Scheidewand bildet sich frühzeitig ein ziemlich breites Viscinband, das hier nicht mehr isolirt erscheint, sondern die beiden Pollinien dermaassen verbindet, dass es auf dem Längsschnitt scheint, als wäre dieses Viscin nur eine Fortsetzung der Pollinienfächer, als wäre nur ein Fach vorhanden, welches sich an der Stelle dieses Bandes verschmälerte. Oeffnet sich später die Anthere unter dem Viscinstrang, wo stets die schwächste Stelle der Antherenwand ist, so tritt das Viscin beider Fächer in ein Klümpchen zusammen, und dieses klebt sich sogleich an das rostellum fest, welches an der Oberseite reichlichen Klebstoff absondert, während die Unterseite sich wie bei den Epidendreen verhält, d. h. die Schichten des secernirenden Narbengewebes besitzt. — Die Scheidewände der beiden Antherenfächer werden beinahe ganz resorbirt, und es fiel mir dabei auf, dass ich an dem

residuum derselben stets einen Viscintropfen hängend fand; derselbe war nicht so elastisch wie das Viscin der kurzen caudicula, verhielt sich aber sonst ganz gleich. Dieselbe Beobachtung machte ich an den Enden der halbresorbirten Scheidewände von Bletia Tankarvillia.

Ein Knospenquerschnitt von Cymbidium (XVII, 32) zeigt auch, wie genau diese in der vollkommenen Blüthe oft so abweichenden Formen der exotischen Orchideen in der Knospenlage mit unsern einheimischen Orchis-Arten übereinstimmen.

Lycaste aromatica Lindl.

Obwohl zu derselben Abtheilung, wie Cymbidium, gehörend, zeigen sich in dieser Gattung doch sehr erhebliche Unterschiede, insbesondere was das rostellum betrifft.

Taf. XVII, Fig. 34 stellt einen Längsschnitt durch eine Seite der Anthere und das gynostenium einer jungen Knospe dar und Fig. 35 einen solchen ziemlich durch die Mitte. Man sieht auf diesen Längsschnitten, wie die Unterseite des rostellum eine Fortsetzung der Narbe ist (n), ein sehr lockeres Gewebe langer, dünnwandiger, cylindrischer Zellen. Das rostellum zieht sich in der Mitte in eine schmale lange Zunge aus und verdickt sich vorn in eine Drüse von Klebstoff, welcher sich durchaus wie der des retinaculum von Orchis verhält. Die Oberseite des rostellum ist sehr eigenthümlich gebaut, übrigens ganz charakteristisch für die meisten Vandeen. Sie beginnt mit einer dünnen Hautschicht, welche die Klebdrüse überzieht, und nimmt dann an Dicke immer mehr zu bis zur Anthere, wo sie zwischen den beiden Fächern steil abfällt. Jedoch gilt dies nicht von dem ganzen rostellum, sondern nur von einer Zone, welche die Breite des Fortsatzes hat. Fig. 40 ist die Partie eines Querschnittes durch das rostellum nahe den Antherenfächern, die aufliegende Schicht erscheint als spitzer Kamm, der aus grossen Zellen besteht. Fig. 39 zeigt das rostellum im Querschnitt viel weiter nach vorne, wo die mittlere Schicht noch flacher ist. Die Zellen dieser aufliegenden Schicht sind viel zartwandiger als die des übrigen rostellum, stehen aber mit diesem im parenchymatischen Verbande. Nur allmälig geht die Ablösung, welche in Fig. 39 durch seitliche Einschnürung schon angedeutet ist, durch Verflüssigung der untern Zellen des Kammes vor sich, so dass zuletzt dieser ganze Kamm lose auf dem rostellum liegt. Letzteres besitzt auf der vom Kamme nicht berührten Oberfläche eine epidermis von conischen Zellen mit übrigens glatter cuticula; Klebstoff wird nicht ausgeschieden. Die abgelöste obere Schicht des ro-

stellum, welche das Füsschen (pedicellus) genannt wird, hat den Zweck, die weit entlegenen Pollinien mit der Klebdrüse in Verbindung zu bringen. An seinem dicksten Ende hat nämlich das Füsschen einen kleinen schmalen Fortsatz und jederseits desselben eine Einbuchtung; der Fortsatz schiebt sich zwischen die Antherenfächer, wie in Fig. 35 angedeutet ist, und die seitlichen Einbuchtungen kommen gerade ans Ende der Fächer zu liegen, da wo sich der Viscinstrang befindet und die Antherenwand springt. Geschieht letzteres, so heften sich unverzüglich die Viscinklümpchen am Füsschen fest, und dieses ist nun zur Entführung bereit, indem es ja nur mehr vorne durch das lockere untere Narbengewebe mit dem rostellum zusammenhängt. Klebt sich die vordere Klebscheibe an einem anstreifenden Gegenstand fest, so reisst das Gewebe unter der Drüse leicht entzwei, und der ganze Apparat wird in Form von Fig. 36 davongetragen.

Die Scheidewände fand ich in der jüngsten Knospe noch vollkommen. Bald bildet sich das Viscin auf die gewöhnliche Weise da, wo die Scheidewand an ihrer Vorderseite an die Antherenwand stösst; die Viscinbildung beschränkt sich nicht auf eine runde Partie Zellen, wie bei den Epidendreen gewöhnlich der Fall ist, sondern zieht sich seitlich durch die Scheidewand an den Pollinien bis ungefähr zu deren halber Höhe hinauf (XVII, 37, 38), wodurch die Bildung mit der bei Orchis Aehnlichkeit bekommt.

An das eben beschriebene Genus schliesst sich in Bezug auf die Beschaffenheit des rostellum Acropera Loddigesi an. Doch scheint sich die Viscinbildung hier nicht bis zur Mitte der Pollinien zu erstrecken, denn ich fand dieselben nur am Grunde verbunden. Während bei Lycaste aromatica die Pollinien frei am Füsschen sassen, sind sie hier am Grunde mit einer Viscinhaut umgeben, in welcher sie wie in einer Schaale sitzen, und aus der sie sich ziemlich leicht herausziehen lassen.

Im Uebrigen stimmt die ganze Bildungsweise auffallend mit Lycaste überein.

Trichopilia suavis Lindl.

Diese Gattung bietet wieder manche Abweichungen von den eben beschriebenen dar. Die Knospe zeigt äusserlich nichts Besonderes, sie ist auf einem sehr kantigen Fruchtknoten eingefügt, besitzt eine gelblich rothe Farbe mit dunklern Flecken (XVIII, 1). Das aus einer solchen Knospe genommene gynostenium endigt in einem Saum von Fransen, welcher die Anthere umgibt. Diese Fransen sind nichts

anderes, als die zwei verwachsenen vielgelappten Staminodien, welche ein androclinium bilden. — Die Anthere besitzt, wie gewöhnlich bei diesen Gattungen der Vandeen, ein stark entwickeltes, vorn in einen Schnabel ausgezogenes Connektiv, und zeigt die Merkwürdigkeit, dass die dünne Antherenwand auf der untern Seite schon früh in der Knospe ganz verschwindet, so dass die Pollinien frei auf dem rostellum liegen und die Antherenwände jederseits als kleine Stumpen hängen; dies zeigt z. B. der Querschnitt Fig. 7, Taf. XVIII. Die Antherenfächer scheinen hier nie ganz zweifächrig zu sein; denn die wachsartigen Pollinien jedes Faches hängen oben zusammen und laufen nach unten auseinander, indem sie zwischen sich eine Höhlung lassen (XVIII, 9). Natürlich muss bei solchen Verhältnissen die Scheidewand lose in der Höhle liegen; denn oben war sie nie befestigt und unten ist sie durch Resorption der Antherenwand isolirt worden, und so finden wir sie denn auch als ein trockenes Häutchen von gelblichgrüner Farbe, welches wenig Zellstructur mehr zeigt und beinahe das Aussehen von Viscin hat. Vorne an der Spitze der Pollinien ist nun diese Scheidewand in eigentliches Viscin umgewandelt, ein kleines Klümpchen verbindet die zwei Pollenlappen, ohne sie ans rostellum zu heften (XVIII, 7 u. 9). Die Anthere liegt nicht frei auf dem rostellum, wie bei allen bisher beschriebenen Gattungen, sondern ist seitlich mit dem androclinium verwachsen.

Was das rostellum betrifft, so besitzt es einen langen Fortsatz, welcher vorne an der untern Seite in eine glandula endigt, ganz ähnlich wie bei Lycaste und Acropera. Der Inhalt dieser glandula ist so intensiv orangegelb gefärbt, dass er dem blossen Auge hochroth erscheint. Auch hier haben wir ein sogenanntes Füsschen, eine Zone des rostellum, welche sich nachher ablöst und als Träger der Pollinien dient. Aber diese Zone ist hier anders eingerichtet, als bei Lycaste. In den beiden vorhin beschriebenen Arten hatten wir es mit mehreren dünnwandigen Zelllagen zu thun; hier hingegen findet sich nur eine einzige Lage sehr dickwandiger pallisadenförmiger Zellen. Von oben gesehen erscheinen sie wie in Fig. 10, Taf. XVIII. Durchschneidet man die Klebdrüse quer (XVIII, 3), so kann man dreierlei Zellen unterscheiden: die eben genannten Oberhautzellen, darunter ein zartwandiges Gewebe, und zu unterst wieder dickere Zellen, deren Klebstoff am Rande intensiv orangegelb gefärbt ist, nach der Mitte der Drüse zu aber diese Farbe noch nicht erhalten hat (XVIII, 5). Ein ganz ähnliches Verhältniss sehen wir auf dem Längsschnitt (XVIII, 4), nur dass sich da das Drüsengewebe in das der

Narbe verliert. Behandelt man die Oberhautzellen mit Jod und Schwefelsäure, so sieht man die dicken Wände deutlich geschichtet; die innerste Schicht färbt sich blau, die äussern intensiv gelb und die cuticula bräunlichroth (XVIII, 6). Der untere Theil dieser Oberhautzellen ist schon etwas dünner, ähnlich dem daran haftenden zarten Gewebe. Jetzt schon löst sich die Hautschicht mit leichter Mühe vom rostellum ab; von selbst geschieht die Ablösung, wenn zur Zeit der Reife die darunter liegenden zarten Zellen sich verflüssigen. In den vorigen Gattungen hatten wir ein ungetheiltes Füsschen, hier gabelt es sich gerade vor der Anthere, so dass je eine Gabelspitze vor ein Antherenfach zu liegen kommt (XVIII, 8 nach Entfernung der Anthere), wie auch schon im Querschnitt durch zwei kleine Erhöhungen angedeutet ist (XVIII, 7). Fig. 10, a ist ein Querschnitt durch den sterilen Fruchtknoten, dessen Kanten ungeheuer entwickelt sind.

Es würde mich viel zu weit führen, wollte ich von den vielen andern Gattungen der Vandeen, die ich noch der Untersuchung unterzog, auch nur Weniges anführen, obwohl fast jede derselben einige Eigenthümlichkeiten, besonders in Beziehung auf das rostellum, aufzuweisen hat. Ueberhaupt scheint es, dass die Natur in der Blüthenbildung der Vandeen eine Probe von ihrem unerschöpflichen Formenreichthum ablegen wollte, und diese gut gelungene Probe ist allerdings im Stande, uns einen hohen Begriff von ihrer Bildungskraft beizubringen. — Doch vollenden wir unsere Rundschau und eilen wir zu den letzten Abtheilungen der Familie, welche uns noch bleiben.

V. Malaxideen.

a) Dendrobieen.

Dendrobium fimbriatum Sn.

Die Dendrobien haben kein Viscin, welches die Pollinien verbände, sondern die wachsartigen Massen liegen ganz frei und lose neben einander (XVIII, 11). Auf dem Querschnitt der jungen Knospe ist die Anthere von Dendrobium fimbriatum vollkommen vierfächerig. Die Pollinien nehmen im Verhältniss zum Connektiv und dem übrigen Gewebe einen nur geringen Raum ein, obwohl dieses Missverhältniss im jüngsten Stadium, wo die Anthere noch aufrecht steht, nicht so sehr hervortritt, wie Fig. 12, Taf. XVIII zeigt; auch ist das labellum daselbst noch nicht abwärts gezogen, wie im vollkommenen Zustand.

Das rostellum ist breit und lamellenförmig, es bildet am obersten Rande Klebstoff von milchigem Aussehen. Diese lange Drüse bricht leicht in einer Querspalte auf, ohne dass sich aber der Klebstoff von selbst an die Pollinien heften kann. Die Form der glandula nähert sich hier wieder etwas der eigentlichen bursicula mit dem retinaculum in Orchis, da nach der Entfernung des Klebstoffs eine leere Höhlung zurückbleibt, wie Fig. 13 auf Taf. XVIII im Längsschnitt zeigt.

Aus der Tribus der Dendrobieen untersuchte ich noch Dendrobium nobile und fand es nahezu übereinstimmend mit fimbriatum; ferner Eria flava und hirsuta. Diese zwei Arten besitzen jedoch wieder kurze, aber gut entwickelte caudiculae. Ich bespreche etwas näher wegen einer besondern Merkwürdigkeit die

Eria flava Lindl.

Schon oben bemerkte ich nämlich, dass die Staminodien unentwickelte Antheren seien und belegte die Aussage durch ein interessantes Beispiel in Orchis mascula. Ferner nimmt man an, dass das sogenannte androclinium (wenn die Staminodien mit dem gynostenium eine Schüssel für die Anthere bilden), wie es sich bei den meisten Orchideen findet, ebenfalls durch besondere abnorme Ausbildung der Filamente, oder vielmehr der ganzen seitlichen Staubblätter, hervorgehe. Für diese Annahme nun fand ich in Eria flava den direkten Beweis. Hier bildete sich eine Seite des androclinium wirklich als ein kleines unvollkommenes Staubkölbchen aus. Siehe Taf. XVIII, Fig. 14 in der Vorderansicht des androclinium und Fig. 15 in dessen Seitenansicht. Durchschneidet man das Kölbchen quer, so sieht man, dass es ein vollständiges zweilappiges Pollinium mit einem Viscinklümpchen am Grunde besitzt (XVIII, 16). Es ist dieses halbe Antherenfach gerade so in das androclinium eingewachsen, wie jenes der Orchis mascula in das staminodium und das Kronblatt. Die Wand, welche das Pollinium umschliesst, besteht aus ringförmig verdickten Zellen (XVIII, 17), wie ich sie schon bei Epipogium Gmelini abbildete, und wie sie so oft die Antherenwand ganz oder theilweise zusammensetzen.

In Längsschnitten der jungen Knospe fand sich, wie gewöhnlich, vorne an der Scheidewand die Viscinbildung; sie war ziemlich weit vorangeschritten, und ein Theil der abgelösten Scheidewand war davon angegriffen, was besonders deutlich in einem entleerten Fach zu sehen war (XVIII, 19).

Der Fruchtknoten, sowie die Aussenseite der Kelchblätter, ist ganz von verfilzten Haaren, wie mit Wolle bedeckt; selbst das Innere

des Fruchtknotens ist zwischen den Samenleisten dicht mit Haaren besetzt. Die Haare der Aussenseite sind sehr lang, vielfach gewunden und in einander verschlungen, sie bestehen aus drei oder vier Zellen und verästeln sich am Grunde einfach.

b) *Pleurothallideen.*

Coelia macrostachya Lindl.

Während Dendrobium, aus der Tribus der Dendrobieen, keine Viscinmasse am Grunde der Pollinien besitzt, finden wir in dieser Gattung, welche der Pleurothallideen-Tribus angehört, wieder deutlich entwickelte caudiculae. ähnlich wie bei den Epidendreen. Fig. 20 auf Taf. XVIII stellt eine Blüthe in natürlicher Grösse dar, die Blüthenblätter sind alle sehr zusammengeneigt und bilden eine Höhle, daher der Gattungsname Coelia (ἡ Κοίλη). In dieser Höhle, welche besonders noch durch die Form des labellum verengt wird, befindet sich ein sehr kurzes gynostenium, wie es in Fig. 21, Taf. XVIII dargestellt ist. Die Anthere ist daselbst etwas in die Höhe gehoben, so dass man die Pollinien sieht. Letztere heften sich von selbst mit der Spitze der kurzen caudiculae an das breite, aber ebenfalls kurze rostellum an. Die wulstige Narbe liegt unmittelbar unter dem rostellum (XVIII, 24), und es scheint, als ob der Klebstoff von beiden Organen nicht scharf getrennt sei. Jedes Fach der Anthere besitzt ein vierlappiges Pollinium, welches dem von Bletia ähnlich ist, nur dass die caudiculae nicht so scharf ausgebildet sind und ganz allmälig aus den Pollinien heraus sich verdünnen. Fig. 23 stellt die am Grunde verbundenen Pollinien dar.

Wenn man das Ende eines Pollinium, oder vielmehr einer caudicula, mit der Präparirnadel auseinander zieht, so findet man, dass die Viscinfäden von Pollentetraden ganz durchzogen sind (XVIII, 22). Die Rostellumspitze bricht, wie in allen Gattungen dieser Unterfamilie, die ich untersuchte, in einem Querriss auf und löst sich dann hier mit den anhaftenden Pollinien leicht ab.

Was den Fruchtknoten betrifft, so ist er ausserordentlich scharfkantig, die drei Hauptkanten ziehen sich oben in eine lange Spitze aus (XVIII, 20. 21), daher der Speciesname macrostachya. Auf dem Querschnitt erscheint jedes Carpellblatt wie eine Pfeilspitze, die mit der nächsten durch eine halbmondförmige Zwischenkante verbunden ist (XVIII, 25). Ueberhaupt zeigt der Fruchtknoten bei den Orchideen eine unerschöpfliche Mannigfaltigkeit und spielt mit den zier-

lichsten Formen. — Die zweilappigen Samenträger sind hier unfruchtbar.

Mit der Coelia stimmen auch in allem Wesentlichen andere Gattungen der Pleurothallideen, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, z. B. aus der Repräsentantengattung dieser Tribus Pleurothallis tridentata Klotsch., deren winzige röthliche Blüthen am Grunde eines dunkelgrünen Blattes aus einer häutigen Scheide entspringen. Ohne weitere Beschreibung füge ich zur Vergleichung mit der vorigen Art einige Zeichnungen hinzu. Fig. 26, Taf. XVIII ist die Blüthe in natürlicher Grösse, Fig. 27 dieselbe dreimal vergrössert, Fig. 28 die dem blossen Auge kaum sichtbaren Pollinien mit dem Viscinklümpchen. Die Pollinien bestehen in jedem Fach aus zwei Lappen.

Ganz ähnlich verhält sich Pholidota imbricata Lindl., mit dem Unterschied jedoch, dass die Pollinien der dicken Anthere vierlappig sind und das rostellum an der Spitze getheilt ist. Die wachsartig verbundenen Pollenkörner lösen sich im Wasser von selbst auseinander. Fig. 29 ist ein Längsschnitt des gynostenium einer Knospe. Fig. 30 ist eine ganz junge Rostellspitze, bei welcher die Klebstoffbildung erst die äusserste Schicht berührt hat.

VI. Cypripedieen.

Cypripedium Calceolus L.

Zum Schlusse noch einige Bemerkungen über das abnorme, ganz einzeln stehende Genus Cypripedium, welches auch bei uns einheimisch ist. Das Rhizom und der junge Trieb von Cypripedium Calceolus ist im März äusserlich dem von Epipactis sehr ähnlich; aber die einzelne endständige Knospe (hie und da sind es zwei) ist schon gross und weit entwickelt. Die zwei jugendlichen seitlichen Antheren sind auf dem Querschnitt vollkommen vierfächerig (XVIII, 31); das dritte Staubblatt erhebt sich hinter dem in der Mitte stehenden Griffel als ein blattartiges Organ (XVIII, 32) von bedeutender Dicke, wie dessen Durchschnitt zeigt (XVIII, 35), auch hat es schon die Länge der ausgebildeten Antheren erreicht. Der isolirte, nicht mit den Antheren verwachsene Griffel steht in der Mitte und verhält sich im Uebrigen wie in den andern Orchideen. Unter den zwei untern Narbenlappen erhebt sich der dritte, wie ein erhabenes Polster, dessen Oberhautzellen conisch sind, so dass der Längsschnitt das Ansehen von Fig. 36 bekömmt. Dieses Polster ist hier das Aequivalent des

rostellum; in wie weit es aber als solches seinen Zweck erfüllt, habe ich bis jetzt nicht beobachten können.

Aehnlich wie Cypripedium Calceolus entwickeln sich auch Cypripedium barbatum und insigne.

Im Genus Cypripedium haben wir die einfachste Form der Orchideen, in welcher die charakteristische Dreizahl, welche die meisten Monocotyledonen auszeichnet, in allen Blattkreisen der Blüthe am vollkommensten erhalten ist.

B. Allgemeine Resultate.

Nachdem wir verschiedene Genera und Species aus den verschiedenen Unterfamilien der Orchideen einzeln durchgegangen haben, will ich es jetzt versuchen, einige allgemeine Schlüsse aus diesen speciellen Untersuchungen zu ziehen.

I. Das rostellum ist der dritte Lappen der Narbe oder das dritte Carpellblatt.

In allen Orchideen sehen wir, wie sich die Narbe unmittelbar unter oder vor der Anthere, in eine je nach dem genus sehr verschieden gestaltete Verlängerung auszieht, welche wir das rostellum zu nennen pflegen. Dieses rostellum hat die Eigenschaft Klebstoff auszusondern, jedoch oft auf eine von der eigentlichen Narbe verschiedene Art. Wenn wir bloss das rostellum der Ophrydineen, die sogenannte bursicula mit ihrem complicirten Bau und ihrer wunderbaren Einrichtung betrachten, so wird es allerdings schwer, darin weiter nichts als ein Carpellblatt zu erblicken; betrachten wir aber die ganze Stufenreihe, welche das rostellum in den Unterfamilien durchläuft, so werden uns die allmäligen Uebergänge nicht mehr im Zweifel lassen.

Bei den Cypripedieen, z. B. bei Cypripedium Calceolus, haben wir einen zwischen den zwei Staubfäden frei stehenden Griffel (XVIII, 33) mit dreifacher Narbe. Auch hier ist der obere Lappen, obgleich man ihn nicht mehr rostellum nennen kann, doch dem eigentlichen rostellum sehr ähnlich, er erhebt sich über den zwei seitlichen Narben polsterartig; der Längsschnitt zeigt am besten die Verschiedenheit der drei Narbenflächen und die Aehnlichkeit mit dem rostellum anderer genera (XVIII, 36). Hier kann man also kaum von einem rostellum sprechen, aber der Grund dazu ist gelegt. Gehen wir einen Schritt weiter zu den

Epidendreen. Die zwei untern seitlichen Narbenflächen sind meistens sehr deutlich als Carpellblätter zu erkennen, das obere Blatt ist sehr in die Länge gezogen und nach vorne über die zwei untern seitlichen geneigt, aber das leitende Gewebe der Narbe setzt sich an ihm ununterbrochen bis in die Spitze fort, z. B. bei Bletia (XVII, 30). In dieser Unterfamilie ist das obere Carpellblatt schon eigentliches rostellum, hat aber noch nicht seinen vollkommensten Zweck; denn die Viscinstränge heften sich nicht daran, mit Ausnahme einiger species von Epidendrum, welche einen schönen Uebergang bilden zu den

Vandeen, bei welchen die Anheftung der caudiculae ans rostellum schon vollkommen geschieht. Bei den Epidendreen war eigentlich das obere Carpellblatt noch wenig verändert, die Veränderung beschränkte sich nur auf die äussere Gestalt, sonst unterschied es sich nicht von den untern seitlichen Lappen, der untere (innere) Theil war mit Narbengewebe, der obere (äussere) mit glatter Oberhaut bedeckt. Bei den Vandeen greift die Veränderung weiter um sich, auch der obere Theil des Carpellblattes wird alterirt und zur Anheftung der Pollinien mittelst der caudiculae zubereitet. Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist zu mannigfaltig, als dass ich mich näher darauf einlassen könnte; als extreme Formen nenne ich nur Cymbidium und Lycaste. Bei ersterem genus ist die Vorrichtung höchst einfach: zur Zeit der Pollenreife sondert auch der obere häutige Theil des rostellum Klebstoff aus und die kurzen Viscinstränge der Pollinien heften sich nach Oeffnung der Anthere daran. Bei Lycaste geschieht die Anheftung nicht unmittelbar an die Spitze des rostellum, sondern nur mittelbar durch ein langes zelliges Stielchen, wie ich es bei Lycaste aromatica beschrieben habe. — Noch complicirter werden die Verhältnisse bei den

Neottieen. Das rostellum nimmt eine ziemlich verschiedene Aussengestalt an, es wird kuglig oder scheibenförmig und zeigt in Bezug auf die Ausscheidung des Klebstoffes viele Uebergänge; so sondert es bei Epipactis auf der ganzen Oberfläche Klebstoff aus, bei Spiranthes nur an einer Stelle in der Mitte, bei Listera endlich drängt sich der Klebstoff an zwei gewissen Stellen der Rostellspitze hervor, wie ich es am betreffenden Ort weitläufig beschrieben habe. — In der Familie der

Ophrydineen stossen wir endlich auf das ausgebildetste rostellum in Orchis und Ophrys. Oft scheint es wegen der weiten Trennung der Seitenlappen, als ob zwei rostella vorhanden wären, z. B. in Ophrys und in Platanthera; aber zum Glück fehlen auch hier die

Uebergänge nicht z. B. von Ophrys myodes mit zwei gesonderten Theilen des rostellum, durch Orchis maculata und mascula, wo die zwei seitlichen Lappen durch eine Leiste, den Fortsatz des rostellum getrennt sind, zu Anacamptis pyramidalis, in welcher die beiden Seitenlappen derart zusammenfliessen, dass selbst das darin enthaltene retinaculum nur als ein Klumpen erscheint. Ein zweitheiliges rostellum darf uns übrigens in unserer Ansicht von der Umwandlung aus einem Carpellblatt nicht irre machen, da wir es hie und da auch in der einfachen Form bei Epidendrum etc. an der Spitze gespalten finden. In den Ophrydineen hat man die zwei seitlichen Lappen des rostellum die bursicula genannt.

Ein anderer Beweis, dass das rostellum ein Carpellblatt sei, kann auch das Gefässbündel sein, welches in demselben, wenigstens bis zu einer bestimmten Höhe, verläuft, z. B. in Orchis mascula (XV, 33), was gewiss nicht der Fall wäre, wenn das rostellum nur irgend ein unbedeutender Auswuchs sein sollte.

II. Die bursicula und das retinaculum der Ophrydineen bilden sich aus dem rostellum heraus.

Im ersten Entwicklungszustande besitzt das rostellum der meisten Orchideen eine beinahe gleiche Gestalt; dies wird sogleich in die Augen fallen, wenn man z. B. den Längsschnitt der jungen Knospe einer Bletia (XVII, 29) mit dem einer Knospe von Orchis (XV, 34) vergleicht. Alles hängt von der weitern Ausbildung ab. Während sich das rostellum bei den sogenannten Cerorchideen einfach in die Länge und Breite zieht und eine dünne Lamelle bildet, wird bei Orchis sein Bau besonders durch die sich weit herabziehenden Antherenfächer bedingt; die zwei Fächer nöthigen gleichsam das rostellum, bevor es sich erhebt, dieselben zu umgehen und so für jedes Fach eine Art Tasche zu bilden. In der Mitte stehen die Fächer nicht im Wege und da erhebt sich denn auch die schmale Leiste direct in die Höhe. So ist also die bursicula nichts anderes, als ein dickes, stark gebogenes Rostellum, welches aber an der untern, hier äussern Seite nicht mehr das leitende Narbengewebe besitzt, wie die Cerorchideen. Hingegen sondert es auch unter der epidermis der Oberseite Klebstoff aus und zwar gerade an der Stelle der stärksten Biegung, d. h. im Grunde der beiden Taschen, genau unter den Antherenfächern. Der Klebstoff ist derselben Art, wie in der Rostellumspitze der Vandeen und Neottieen, oder an der Klebscheibe derjenigen Ophrydineen, welche keine bursicula besitzen. Dieser Klebstoff ist das retinaculum. Wie ich bei den Orchis-Arten gezeigt habe, ist das retinaculum ein

anfangs nicht sehr grosszelliges Gewebe, welches sich schon frühzeitig vom übrigen Zellgewebe der bursicula unterscheidet. Zur Zeit der Pollenbildung füllen sich die Zellen mit grossen Tropfen von Klebstoff, welcher sich in seinem ganzen Verhalten mehr dem der Narbe, als dem Viscin der caudiculae nähert. Mit der Zeit verflüssigen sich die Zellwände dieser Partie immer mehr, so dass die grossen Tropfen zu einer homogenen Masse zusammenfliessen, welche natürlich eine Gestalt haben wird, wie sie der durch Auflösung des Gewebes entstandene Hohlraum bedingt, d. h. die Gestalt einer Kugel, die aber durch die epidermis der bursicula auf der obern Seite abgeplattet ist. Wie überall, so löst sich auch hier die epidermis des rostellum auf dem ganzen Umkreis des Klebstoffes ab und haftet als Hautschicht auf dem retinaculum. Diese Hautschicht wird wegen ihrer Contractibilität für die Befruchtung sehr wichtig, wie Darwin in seinem Werk über die Befruchtung der Orchideen dargethan hat. Wir sehen also, dass sich im Grunde das retinaculum durchaus nicht von der glandula anderer genera unterscheidet, und dass bursicula und retinaculum zusammen nur ein modificirtes rostellum oder Carpellblatt sind.

III. Die meisten Orchideen besitzen in der Spitze des rostellum ein Aequivalent der bursicula und des retinaculum.

Die allerwenigsten Orchideen haben eine bursicula im eigentlichen Sinn des Wortes, es sind dies vorzüglich nur die Orchis- und Ophrys-Arten; da aber die bursicula und das retinaculum ein so wichtiges Organ ausmachen, so ist wohl anzunehmen, dass sie, wo sie fehlen, ihre Stellvertreter haben werden. Dies ist schon daraus zu ersehen, dass nirgends das rostellum fehlt, und dass, wie ich glaube gezeigt zu haben, die vollkommene bursicula mit ihrem retinaculum bei den Ophrydineen auch nichts weiter ist, als ein modificirtes rostellum. Die bursicula hat nach Darwin bei den Ophrydineen besonders den Zweck, den Klebstoff des retinaculum, welcher an der Luft sehr schnell erhärtet, so lange feucht zu erhalten, bis er behufs der Befruchtung an dem Kopfe eines Insektes oder an einem sonstigen Gegenstand befestigt wird. Bei Gattungen, deren Klebstoff nicht so rasch erhärtet, ist dieser Schutz nicht nothwendig, deshalb löst sich da die ganze Unterseite des rostellum in Klebstoff auf, und nur die Oberseite bleibt als Hautschicht auf dem retinaculum hängen, ähnlich wie bei Orchis. Aber eben diese Oberhaut, gleichsam der Deckel der bursicula, ist ein Beweis, dass letztere in der That früher als Oberhaut, jetzt als Klebstoffschicht vorhanden ist. — Man nennt gewöhn-

lich das mit Ausnahme der Oberhaut ganz in Klebstoff umgewandelte rostellum die Klebdrüse oder Klebscheibe (glandula), und sagt: Diese oder jene Art hat nackte, d. h. von keiner bursicula umhüllte Drüsen. Glandula und retinaculum sind gleichbedeutend und kommen sogar in einem und demselben genus vor; so hat Platanthera viridis (Habenaria viridis) ein retinaculum, d. h. eine von einer bursicula umschlossene Klebdrüse, obwohl die bursicula sehr schwach ist; dagegen besitzt die Platanthera bifolia eine nackte Drüse oder glandula. Demnach ist unrichtig, was man in mancher Flora liest, Platanthera viridis habe nackte Drüsen; dasselbe gilt von Herminium monorchis.

Bei den Neottieen macht sich schon mehr der Rostellumcharakter geltend, wie diese Abtheilung überhaupt ein verbindendes Glied zwischen zwei Extremen, den Ophrydineen einerseits, und den Malaxideen, Epidendreen, Vandeen andererseits, zu sein scheint. Die Spitze des rostellum in Epipactis, anfangs eine lockere Zellmasse, verwandelt sich in der Mitte in Klebstoff, welcher dem der bursicula in Orchis ganz entspricht und an der Luft auch sehr schnell erhärtet, deshalb muss dies retinaculum — denn ein solches bildet hier offenbar der Klebstoff — geschützt werden, was auch wirklich geschieht durch eine zarte Hautkappe, welche als Oberhaut des rostellum durchaus der Hautscheibe des retinaculum in Orchis entspricht, zumal da sich auch an ihr die Pollinien befestigen. Der untere Theil des rostellum, der nach der Entführung der Pollinien zurückbleibt, könnte das Aequivalent der bursicula genannt werden.

Ich will der Kürze wegen den Vergleich nicht weiter ausspinnen, sondern nur noch auf das anscheinend so abweichende Verhältniss bei den Vandeen aufmerksam machen. Betrachtet man den sonderbaren Apparat in der vollendeten Blüthe, z. B. bei Lycaste, Acropera, Stanhopea etc., ohne Knospenzustände in den ersten Stadien untersucht zu haben, so wird das richtige Verständniss desselben allerdings erschwert werden; ruft man aber die Entwickelungsgeschichte zu Hilfe, dann klärt sich die Sache vollkommen auf. Das lange zellige Stielchen, an dessen Ende die Pollinien sich befestigen, ist auch hier wiederum die obere Zellschicht des rostellum, welche die Hautschicht des retinaculum repräsentirt, nur mit dem Unterschied, dass sie sich sehr weit nach hinten über die Klebscheibe hinaus erstreckt, sich allmählig vom rostellum lostrennt und nur mit dem Klebstoff der Spitze als eine dünne Kappe verbunden bleibt. Diese Verlängerung nach hinten ist hier nothwendig, um zu den sehr entfernt liegenden Pollinien zu gelangen. Die untern Schichten des rostellum sind statt

der bursicula als Narbengewebe ausgebildet und zeugen als solches für ein metamorphosirtes Carpellblatt.

IV. Die caudiculae entstehen durch gehemmte Pollenbildung im Antherengewebe.

Die Viscinmassen an den Pollinien, sie mögen nun als lange Stränge, eigentliche caudiculae, oder als kleine Klümpchen vorhanden sein, haben überall denselben Zweck, nämlich zur Uebertragung einer Pollenmasse auf eine Narbe, welches Geschäft gewöhnlich den Insekten obliegt, mitzuhelfen; sie bestehen ferner überall aus demselben Stoff, sie nehmen endlich überall nahezu dieselbe Lage im Antherenfach ein, nämlich fast immer am Ende der Scheidewand, zwischen derselben und der Antherenwandung [1]); sie werden also auch wohl überall auf dieselbe Weise entstehen. Dieser vielleicht voreilig erscheinende Schluss — denn es ist ja in der Pflanzenanatomie, wie die Erfahrung lehrt, stets ein gewagtes Unternehmen, bloss aus der Analogie Beweise herzuleiten — bestätigt sich durch die directe Beobachtung.

Anfangs enthält das ganze Antherenfach nur eine einzige Zellart. Aus dieser differenziren sich auf die bei Orchis maculata angegebene Weise Scheidewände heraus, welche nachher theilweise oder ganz resorbirt werden. Zur Zeit der Pollenbildung wird die Scheidewand da, wo sie mit der vordern oder untern Antherenwand zusammenstösst, verändert. Je nach den Unterfamilien ist diese Veränderung etwas verschieden und hängt hauptsächlich von der Antherenform ab. Das Allgemeine und Hauptsächlichste jedoch ist dies, dass sich in den Zellpartien, welche für die Verwandlung bestimmt sind, ein kleinkörniger Inhalt bildet, welcher sich gegen Säuren und Alkalien sehr indifferent verhält; dass diese Ausbildung des Viscin gleichen Schritt hält mit der des Pollens, und dass sich, wie die Mutterzellwände des Pollens, so auch hier die Zellwände verflüssigen, so dass der Inhalt der Zellen zu einer homogenen Masse zusammenfliesst.

Ein starker Beweis, dass wir es hier mit unvollkommener Pollenbildung zu thun haben, ist der, dass sich bei manchen genera der Epidendreen der Pollen in der That stellenweise an der caudicula ausbildet, meistens dieselbe überzieht, oder in die Viscinmasse eingebettet liegt. So ist z. B. eine derartige Pollenbildung bei Epidrendrum elongatum wahrzunehmen. Auf dem Querschnitt erscheint der

---

1) Auch für die Ophrydineen gilt dies; wir dürfen nur das Fach verkürzen, wodurch auch der lange Viscinstrang verkürzt wird und dann als ein Klümpchen am untern Ende der Scheidewand liegt.

Viscinstrang in der Mitte als eine homogene durchscheinende Masse, welche von einem Ring vollkommener Pollentetraden umgeben ist (XVII, 25), nur scheint mir der Inhalt dieser Tetraden etwas dunkler, als der der gewöhnlichen Pollenkörner. Selbst bei den Orchisarten sah ich öfters in der caudicula, besonders in der obern dickern Hälfte, nahe den Pollenmassen, Tetraden eingebettet. Diese Viscinbildung ist es, wie mir scheint, welche die Scheidewand der Fächer oft unvollkommen macht, indem die Pollenbildung nicht selten noch eine Strecke weit in der Scheidewand längs den Pollinien hinaufläuft und so beide mit einander verbindet, z. B. bei Orchis und vielen Vandeen. Während die Zellen der caudiculae bei Orchis länglich sind, haben die sich längs den Pollinien hinziehenden eine runde Gestalt, sind aber ganz mit demselben Inhalte erfüllt. Diese klebrige Materie, die man Viscin nennen kann zum Unterschied vom Klebstoff des retinaculum, verhält sich auch etwas anders als letzterer; sie erhärtet nicht so rasch an der Luft, wie dieser, und behält ihre Elasticität viele Jahre lang bei. Ich untersuchte Exemplare, welche 20 und 30 Jahre in Herbarien gelegen, und dieselben zeigten elastische Viscinstränge gleich den lebenden.

Bei Epidendrum sieht man, wie die Scheidewand in dem Dreieck zwischen der caudicula und den zwei Pollinien allmählig resorbirt wird und dass sich die Pollinien nicht an das Viscin heften, wie dies bei den Vandeen geschieht. Wahrscheinlich ist der aus Pollen bestehende Schlauch der caudicula das Hinderniss für die Anheftung. Nur an der hintersten Stelle des Faches scheint dies Hinderniss gehoben zu sein; denn eine ursprüngliche Verbindung der caudicula mit den Pollinien ist auch hier nicht vorhanden. Ich vermuthe, dass derselbe Schlauch auch Schuld sei, dass sich die Epidendreen-caudiculae gewöhnlich nicht am rostellum befestigen können, es sei denn, dass von diesem selbst Klebstoff ausgeschieden werde, was ausnahmsweise bei einigen Epidendrum-Arten geschieht. Doch, wie dem auch immer sei, jedenfalls bestätigt dieser Schlauch von Pollenkörnern die Ansicht, dass das Viscin durch gehemmte Pollenbildung entstehe, und zwar selbst da, wo wir ganz nackte caudiculae haben; denn es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dieselben seien nicht auf gleiche Weise entstanden, wie die umhüllten; die Umwandlung ist dann nur etwas weiter vorangeschritten.

V. Die Viscinfäden, welche in den Ophrydineen die massulae der Pollinien an den caudiculae befestigen, sind die Randzellen der Scheidewand, welche dieselbe Veränderung erfahren, wie das in

die caudicula verwandelte Gewebe des untern Theiles im Antherenfach. Es sind jene Zellen, mit welchen die massulae mit ihrer Innenseite in Verbindung bleiben, nachdem sie sich schon von der äussern Antherenwand getrennt haben. Diese Umwandlung lässt sich z. B. bei Orchis direkt verfolgen.

Was die Entstehung jener Fäden betrifft, welche die einzelnen Pollentetraden unter sich zusammenkleben, konnte ich bis jetzt noch zu keinem sichern Resultate gelangen. Ich vermuthe, dass sie durch Umwandlung der aufgelösten Mutterzellhäute entstehen.

VI. Der Klebstoff der Orchideen ist nicht von einer Art; man kann wenigstens zwei Arten unterscheiden, den der caudicula (Viscin genannt) und den des retinaculum und der glandula, wenn man nicht als dritte Art den der Narbe anführen will, welcher sich aber, wie mir scheint, mit dem der Klebdrüse vereinigen lässt. Die beiden Arten unterscheiden sich wesentlich von einander:

a) durch die Bildungsweise. Das Viscin der caudicula ist eine abnorme Pollenbildung, es entsteht in länglichen Zellen, welche von feinkörnigem Inhalte erfüllt sind. Der Klebstoff der glandula oder das retinaculum hingegen ist eine abnorme Ausbildung des obern Carpellblattes und des Klebstoffes der Narbe. Es entsteht in runden Zellen, die mit hellen grossen Tropfen gefüllt sind.

b) durch ihr chemisches und physikalisches Verhalten. Das Viscin der caudicula wird von Anfang an, wo es noch als feinkörniger Inhalt auftritt, von Säuren und Alkalien fast gar nicht alterirt und nur stark gelb gefärbt. Die grossen Tropfen des retinaculum erleiden, wenigstens im jüngsten Zustand, wie wir bei Orchis sahen, durch obige Reagentien Veränderungen. — Das Viscin der caudicula bewahrt viele Jahre seine Elasticität; der Klebstoff der glandula hingegen erhärtet an der Luft sehr rasch.

Dies sind einige Schlüsse, welche ich, auf die specielle Untersuchung gestützt, besonders anführen wollte, weil sie in Beziehung stehen zu dem Zweck dieser Abhandlung, der da ist, die Entwickelung der bursicula und des retinaculum in der Orchideenblüthe zu verfolgen. Wenn ich mich nicht scheute, öfters dasselbe in den verschiedenen Gattungen zu wiederholen und auf kleinlich scheinende Dinge die Aufmerksamkeit zu lenken, so geschah es einzig in dem Bestreben, was ich beobachtete, mit der grössten Genauigkeit wiederzugeben und zu zeigen, wie die Grundgesetze der Entwickelung bei einer und derselben Familie constant sind. — Nur die Entwicke-

lungsgeschichte der Pflanzen einer Familie kann uns richtiges Verständniss und Einsicht in deren harmonischen Zusammenhang verleihen. Die Entwickelungsgeschichte erleichtert auch das Studium der Systematik und macht es zu einem der angenehmsten im ganzen Bereich der Pflanzenkunde.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XV.

Fig. 1—19. Orchis maculata.

Fig. 1. Ein junger Trieb mit der handförmigen Knolle im März.

Fig. 2. Ein Längsschnitt durch die fürs zweite Jahr bestimmte Knospe, welche unter den Scheiden (a b) des Triebes in Fig. 1 versteckt ist.

Fig. 3. Der jüngste Knospenzustand in der Aehre eines solchen Triebes (a). b ist ein Querschnitt dieser Knospe.

Fig. 4. Eine etwas weiter entwickelte Knospe.

Fig. 5. Das labellum aus der in Fig. 4 dargestellten Knospe.

Fig. 6—11. Querschnitte durch einen noch weiter entwickelten Knospenzustand, wie sie von oben nach unten auf einander folgen. a b c die drei äussern Perigongipfel. α β γ die drei innern.

Fig. 12 u. 13. Querschnitte durch den Staubweg.

Fig. 14. Ein Querschnitt durch den jungen Fruchtknoten.

Fig. 15. Die Anthere aus einem Knospenzustand, wie ihn Fig. 4 darstellt.

Fig. 16 u. 17. Ein späterer Antherenzustand; Fig. 16 von vorne gesehen, Fig. 17 von hinten. p die Antherenfächer, st das Staminodium, r das rostellum.

Fig. 18. Ein Längsschnitt der jungen Knospe. Die Buchstabenbezeichnung wie in Fig. 16.

Fig. 19. Ein solcher Längsschnitt durch einen schon entwickeltern Antherenzustand mit derselben Buchstabenbezeichnung.

Fig. 20—34. Orchis mascula.

Fig. 20. Die Anthere mit dem rostellum in einem Entwicklungsstadium, wie Fig. 16 bei Orchis maculata.

Fig. 21—27. Von oben nach unten sich folgende Querschnitte durch einen solchen Antherenzustand.

Fig. 28. Querschnitte durch eine junge bursicula mit den hinten am gynostenium angewachsenen Perigonblättern. Die zwei dunkeln Stellen (r) bezeichnen den Ort, wo sich die retinacula entwickeln.

Fig. 29. Querschnitt der bursicula in einem spätern Zustand. Die retinacula sind schon entwickelt.

Fig. 30. Querschnitt durch denselben Zustand der bursicula weiter oben geführt, so dass auch die Spitzen der Antherenfächer getroffen sind (nach der in Fig. 1, Taf. XVI

bezeichneten Linie). r ist der vordere und a der hintere Theil des retinaculum, dazwischen liegen die Endspitzen der Antherenfächer mit der caudicula (c) eingesenkt.

Fig. 31 u. 32 sind Querschnitte in der Höhe der entwickelten Staminodien (st) geführt.

Fig. 33 u. 34. Längsschnitte der in Fig. 20 dargestellten Anthere; Fig. 33 durch die Mitte; Fig. 34 seitlich durch ein Fach. p die Pollinienfächer, r das rostellum.

Taf. XVI.

Fig. 1—12. Orchis mascula. (Fortsetzung.)

Fig. 1. Längsschnitt durch die untere Hälfte des Antherenfaches und der bursicula eines sehr vorangeschrittenen Antherenzustandes. c die caudicula, r das retinaculum, a der hinterste Theil desselben.

Fig. 2. Die Spitze des Antherenfaches und der hintere Theil des retinaculum (a) sehr vergrössert, um den Zusammenhang beider Organe zu zeigen.

Fig. 3. Partie des Querschnittes durch eine noch unreife massula des Pollinium mit Jod und Schwefelsäure behandelt.

Fig. 4. Eine Anthere zur Zeit der Pollenreife. p die Pollinienfächer, st die Staminodien, r die retinacula, b die bursicula.

Fig. 5. Ein Antherenzustand, wie Fig. 4, mit einem als halbe Anthere ausgebildeten Staminodium (st).

Fig. 6. Längsschnitt dieses Staminodium. α ein Kronblatt, p das Pollinium, c die caudicula.

Fig. 7. Querschnitt desselben Staminodium. d die unvollkommene Scheidewand.

Fig. 8. Ein Pollinium mit der caudicula auf dem retinaculum befestigt, aus einer reifen Anthere.

Fig. 9. Junge Klebstofftropfen des retinaculum mit Kalilauge behandelt.

Fig. 10. Längsschnitt durch die untere Antherenhälfte und die bursicula im reifen Zustand.

Eig. 11. Längsschnitt einer entleerten bursicula und der untern Antherenhälfte.

Fig. 12. Querschnitt durch den Fruchtknoten.

Fig. 13, 16 u. 17. Anacamptis pyramidalis.

Fig. 13. Querschnitt durch die bursicula, um das retinaculum (r) zu zeigen.

Fig. 16. Längsschnitt mitten durch eine Knospe geführt.

Fig. 17. Der reife Antherenzustand. Bezeichnung wie in Fig. 4.

Fig. 14, 15 u. 18. Ophrys myodes.

Fig. 14. Querschnitt durch die doppelte bursicula mit ihren zwei retinacula (r).

Fig. 15. Längsschnitt des gynostenium mitten zwischen den Antherenfächern geführt.

Fig. 18. Der reife Antherenzustand. Die Bezeichnung ist wie in Fig. 4.

Fig. 19—27. Platanthera bifolia.

Fig. 19. Ganz junger Antherenzustand. c das Connektiv der Fächer, r das rostellum, p die Pollinienfächer.

Fig. 20. Ein weiter entwickelter Zustand der Anthere. Die Bezeichnung wie in Fig. 19. st die Staminodien, n das Nektarium.

Fig. 21—23. Längsschnitte einer Anthere, wie sie Fig. 20 darstellt. Fig. 21 durch die Mitte, Fig. 22 seitlich durch ein Fach, Fig. 23 noch seitlicher geführt, um die beginnende Klebstoffbildung des rostellum (r) zu zeigen.

Fig. 24. Querschnitt einer jungen Knospe.

Fig. 25. Querschnitt durch eine fast reife Knospe.

Fig. 26. Querschnitt derselben Knospe durch die zwei Klebscheiben (r) geführt.

Fig. 27. Querschnitt derselben Knospe etwas über der bursicula durch die untern Theile der Antherenfächer und die caudiculae (c) geführt.

Taf. XVII.

Fig. 1—8. Epipogium Gmelini.

Fig. 1. Eine Blüthe in natürlicher Grösse.

Fig. 2. Längsschnitt durch die Anthere. g die glandula.

Fig. 3. Ringförmig verdickte Zellen der Antherenwand.

Fig. 4. Längsschnitt durch das rostellum, die Narbe und das ovarium.

Fig. 5. Die glandula (g) mit den daran haftenden caudiculae.

Fig. 6. Theil einer caudicula mit Zellstruktur auf der Oberfläche.

Fig. 7. Querschnitt durch ein reifes Antherenfach.

Fig. 8. Querschnitt durch den Fruchtknoten.

Fig. 9—20. Listera ovata.

Fig. 9. Ein ganz junges gynostenium von vorn gesehen. r das rostellum, n die Narbe, o das ovarium.

Fig. 10. Dasselbe von hinten gesehen. g die verwachsenen Staminodien.

Fig. 11. Die Vorderseite des rostellum mit einer Schicht langer Klebstoffzellen.

Fig. 12. Längsschnitte dieses rostellum.

Fig. 13. Die Spitze dieses Längsschnittes stark vergrössert und mit Jod und Schwefelsäure behandelt.

Fig. 14. Längsschnitt des ganzen gynostenium und des Fruchtknotens.

Fig. 15. Querschnitt einer reifen Anthere.

Fig. 16. Querschnitt einer reifen entleerten Anthere mit eingerollten Seitenwänden.

Fig. 17. Die zwei Pollinien mit dem Klebstoffklümpchen.

Fig. 18. Die reifen Pollinien ohne Klebstoff noch mehr vergrössert.

Fig. 19. Ein Drüsenhaar des Stengels stark vergrössert.

Fig. 20. Querschnitt einer jungen Knospe.

Fig. 21. Epipactis latifolia.

Das gynostenium auf dem Fruchtknoten einer sehr jungen Knospe zur Vergleichung mit dem Knospenzustand in Listera (Fig. 9). p die Antherenfächer, r das rostellum, o das ovarium.

Fig. 22—27. Epidendrum elongatum.

Fig. 22. Querschnitt der Anthere mit der caudicula (c).

Fig. 23. Längsschnitt eines Antherenfaches mit dem isolirt liegenden Viscinstrang (c).

Fig. 24. Die an der caudicula befestigten reifen Pollinien.

Fig. 25. Querschnitt einer caudicula.

Fig. 26. Pollentetraden aus diesem Querschnitt.

Fig. 27. Querschnitt des zweilappigen rostellum mit der doppelten Klebdrüse (g).

Fig. 28—31. Bletia Tankarvillia.

Fig. 28. Ein ganz junges gynostenium mit aufrecht stehender Anthere. r das rostellum.

Fig. 29. Längsschnitt dieses gynostenium. c das Connektiv, r das rostellum.

Fig. 30. Längsschnitt eines ausgebildeten gynostenium.

Fig. 31. Die vier Pollinien eines Faches an ihrer caudicula befestigt.

Fig. 32—33. Cymbidium aloifolium.

Fig. 32. Querschnitt einer weit vorangeschrittenen Knospe.

Fig. 33. Längsschnitt eines Antherenfaches und des rostellum.

Fig. 34—40. Lycaste aromatica.

Fig. 34. Längsschnitt des gynostenium durch ein Antherenfach geführt,

Fig. 35. Ein Längsschnitt durch die Mitte des gynostenium.

Fig. 36. Das Füsschen mit der Klebscheibe und den Pollinien.

Fig. 37. Die hintere Spitze des Füsschens mit auseinander gezerrten Pollinien.

Fig. 38. Querschnitt einer fast reifen Anthere. c die caudiculae.

Fig. 39. Querschnitt des rostellum mit dem darauf liegenden Kamm des Füsschens, ungefähr in der Mitte geführt.

Fig. 40. Partie eines solchen Querschnittes nahe den Antherenfächern.

Taf. XVIII.

Fig. 1—10 a. Trichopilia suavis.

Fig. 1. Eine Knospe in natürlicher Grösse.

Fig. 2. Ein Längsschnitt durch das gynostenium dieser Knospe.

Fig. 3. Querschnitt durch den vordersten Theil des rostellum mit der Klebdrüse.

Fig. 4. Ein Längsschnitt desselben Theiles.

Fig. 5. Eine vergrösserte Partie des Querschnittes durch die glandula.

Fig. 6. Sehr stark vergrösserte Oberhautzellen derselben Partie mit Jod und Schwefelsäure behandelt.

Fig. 7. Längsschnitt durch beide Antherenfächer geführt.

Fig. 8. Das gegabelte Füsschen auf dem rostellum freigelegt.

Fig. 9. Ein Pollinium mit dem Viscinklümpchen.

Fig. 10. Eine Partie des Füsschens von oben gesehen.

Fig. 10 a. Querschnitt des Fruchtknotens.

Fig. 11—13. Dendrobium fimbriatum.

Fig. 11. Die wachsartigen viscinfreien Klümpchen.

Fig. 12. Längschnitt eines jungen gynostenium mit aufrechter Anthere.

Fig. 13. Längsschnitt eines entwickelten gynostenium mit entleertrr glandula.

Fig. 14—19. Eria flava.

Fig. 14. Das gynostenium einer Knospe von vorn gesehen; das androclinium ist an einer Seite als halbe Anthere ausgebildet.

Fig. 15. Dasselbe gynostenium von der Seite gesehen.

Fig. 16. Querschnitt der im androclinium eingewachsenen halben Anthere.

Fig. 17. Ein Theil dieses Querschnittes stark vergrössert.

Fig. 18. Längsschnitt eines wohl ausgebildeten gynostenium.

Fig. 19. Ein entleertes Antherenfach mit dem Viscin an der Scheidewand.

Fig. 20—25. Coelia macrostachya.

Fig. 20. Eine Blüthe in nat. Grösse.

Fig. 21. Ein enthülltes gynostenium mit emporgehobenen Antherenfächern.

Fig. 22. Pollentetraden im Viscin der caudicula.

Fig. 23. Die Pollinien mit ihrer caudicula.

Fig. 24. Längsschnitt der Klebscheibe und der Narbe.

Fig. 25. Querschnitt des scharfkantigen Fruchtknotens.

Fig. 26—28. Pleurothallis tridentata.

Fig. 26. Ein Blatt mit den winzigen Blüthen (nat. Gr.).

Fig. 27. Eine Blüthenknospe vergrössert.

Fig. 28. Die zwei Pollinien mit dem Viscinklümpchen.

Fig. 29 u. 30. Pholidota imbricata.

Fig. 29. Ein Längsschnitt durch das gynostenium mit aufrechter Anthere.

Fig. 30. Die vorderste Spitze des rostellum mit beginnender Klebstoffbildung.

Fig. 31—36. Cypripedium Calceolus.

Fig. 31. Querschnitt der Anthere einer jungen Knospe.

Fig. 32. Das gynostenium von hinten gesehen mit der unentwickelten Anthere.

Fig. 33. Das gynostenium von vorn gesehen.

Fig. 34. Eine zweifächrige Anthere vergrössert.

Fig. 35. Querschnitt der verkümmerten Anthere.

Fig. 36. Längsschnitt durch das Pistill.

Ueber den Bau der Cycadeenfiedern

von

Gregor Kraus.

Hierzu Tafel XIX bis XXIII.

Den jüngsten Resultaten der Blattphysiologie gegenüber ist die Blattanatomie mangelhaft geworden.

Durch die Untersuchungen von Sachs[1]) wird die Thätigkeit des Blattes, der Hauptsache nach, als ein mit der Respiration zusammenhängender Stärkebildungsprocess des chlorophyllreichen Blattfleisches definirt, und durch Hanstein[2]) die Arbeit des Gefässbündels in eine doppelte zerlegt, eine Zuleitung der Rohstoffe aus der Wurzel durch das Holz, und eine Ableitung der im Parenchym verarbeiteten Materien an die Verbrauchsstätten oder die Nahrungsspeicher durch den Bast.

Dafür fehlt es der Anatomie an stützenden Thatsachen allerdings nicht. Sie weist nach[3]), dass die Gefässbündel des Stammes ihre oberen Enden frei und häufig reich verzweigt in das Blatt, als dessen „Nerven" senden, dass diese hier umsponnen werden von einem chlorophyllreichen, von der Atmosphäre umspülten Gewebe, und dass dieser ganze Apparat von einer (hypothetisch)[4]) wasserdichten, nur stellenweise, gesetzmässig durchbrochenen Haut (der cuticularisirten Epidermis) umschlossen ist. Ueber die Modificationen, welche die

---

1) Flora, 1862, Stück 11 u. 21; Bot. Ztg. 1862, Stück 44, S. 371; Pringsh., Jahrb. III, 205.

2) Pringsh., Jahrb. II, 449 u. f. — Die Milchsaftgefässe u. die verwandten Organe der Rinde, 1864 S. 55—60.

3) Hanstein, Pringsh. Jahrb. I, 233; Nägeli, Beiträge zur wiss. Bot. Heft I.

4) bisher wenigstens; directe Beweise s. unten.

einzelnen dieser Theile nach äusseren und inneren Umständen erleiden, besitzen wir sogar reiche Erfahrungen [1]).

Aber, was das Wichtigste ist, über die Verbindung des Parenchyms mit den Gefässbündeln (der Nahrung bereitenden und leitenden Elemente), das Verhalten des zu- und abführenden Theiles, den Bau des assimilirenden Parenchyms u. s. w. wissen wir, die schöne Beobachtung Hanstein's über die freien Gefässbündelendigungen netznerviger Blätter ausgenommen [2]), gar nichts.

Darauf war also ein Hauptaugenmerk zu richten. — Es wird sich zeigen, dass das Chlorophyllgewebe der Cycadeenfiedern mit einem eigenthümlichen, Siebporen ähnlichen Porensystem versehen ist und durch dieses mit den Bastelementen sehr innig zusammenhängt.

Es bietet aber diese monographische Schilderung des Blattbaues ausser dem physiologischen noch ein doppeltes Interesse:

Einmal gewinnt die Systematik, die bisher nur auf Principien der „äusseren Morphologie" gegründet war, aus der „inneren Morphologie" neue Anhaltspunkte für die naturgemässe Gruppirung der Gewächse. So hat sich bisher durch alle vergleichend anatomische Untersuchungen [3]) ergeben, dass äusserlich wohl differenzirte Gattungen auch innerlich ein abgerundetes Ganze bilden, dass dagegen die Arten jener Gattung nicht, oder nur gruppenweise geschieden sind.

Dann aber bietet eine solche Untersuchung der Paläontologie das erwünschte Material, die in makroskopisch unbestimmbaren Fragmenten auf uns gekommenen Reste vorweltlicher Organismen auf mikroskopischem Wege zu erkennen, auch auf dem andern Wege erhaltene Resultate auf diesem zu bestätigen oder zu erschüttern.

In der Ausführung dieser Beiträge zur Kenntniss der Blattanatomie [4]) ist, aus mehrfachen Gründen, vorerst eine kurze Andeutung über das gegenseitige Verhalten von Blatt- und Rindenschichten gegeben; daran reiht sich Einiges über die anatomische Stellung der Cycadeenfiedern unter den übrigen Familien und eine allgemeine Be-

---

1) Die hieher gehörige Literatur wird im Verlaufe der Untersuchung wiederholt einzeln genannt werden.

2) Die Milchsaftgefässe etc. S. 16.

3) Für die Blattepidermis der Cycadeen vgl. Bornemann, Org. Reste d. Lettenkohlengruppe Thüringens S. 41; für die Coniferenblätter, Thomas, Pringsh. Jahrb. IV, 23; für die Coniferenstämme, Kraus, Würzb. Nat. Zeitschr. V, 144; für den Kork, Sanio, Pringsh. Jahrb. II, 42.

4) Das Material und die Specialliteratur verdanke ich der gewohnten Güte meines Lehrers, des Herrn Professor Schenk.

trachtung des Schichtenbaues derselben. Zuletzt folgt die Besprechung der einzelnen Gattungen.

1. Das Blattparenchym und die primäre Rinde.

Die einjährige Rinde des Stengels ist von Alters her [1]), der Function nach, dem Blatte gleich erachtet worden. Grischow's Versuche an Cacteen haben ein Gleichverhalten, wenigstens für die Respiration, direct gelehrt (Meyen, Pfl.Phys. II, 155). Die grüne, mit dem Blatt gemeinsame Farbe, insbesondere aber die mit Spaltöffnungen versehene Epidermis der jungen Rinde geben vom anatomischen Standpunkte [2]) genügenden Anhalt. — Eine etwas nähere Bezeichnung ihrer Uebereinstimmung wird hier um so mehr gerechtfertigt sein, als die Gewebsschichten von Blatt und Rinde, unverändert oder modificirt einander entsprechend, oft erst durch diese Vergleichung richtig gewürdigt werden können.

Ich wähle, da mir Blatt und Rinde der Cycadeen zu vergleichen unmöglich ist, einige Beispiele aus anderen Familien.

Führt man einen Längsschnitt durch Stengel und Blatt von Vinca minor L. so, dass man den unmittelbaren Zusammenhang zwischen denselben nicht stört, so sieht man Epidermis, Collenchym ,und Chlorophyllgewebe des Stengels sich unmittelbar durch den Blattstiel fortsetzen und in der Blattspreite als deren Gewebe erscheinen. Durch einen weiteren Verfolg erfährt man nachstehende Veränderungen dieser Gewebe. Die gestreckt-rechteckigen Zellen der Rindenepidermis werden bei ihrem Uebergang in den Blattstiel fast plötzlich quadratisch oder sogar querlänger, strecken sich aber im Stiele allmählig wieder und erhalten über dem Spreitennerv nahezu wieder die frühere Gestalt, während die Spreitenparenchymepidermis aus flächenartig gedehnten, geschlängelt-contourirten Zellen besteht. Die Zellen des Collenchyms und der grünen Rinde werden in gleicher Weise an der Blattepidermis kürzer [3]), fast quergestreckt, nähern sich jedoch

1) „Hinc probabiliter deducam, folia a Natura in hunc usum institui, ut in ipsorum utriculis nutritivus succus contentus, a ligneis fibris delatus, excoquatur. — Consimilem naturam reperiri in Corticis utriculis — — probabiliter evincam.“ Malpighi, Opp. Lugd. Bat. 1687. Anat. plant. Id. p. 13.

2) Schacht, Baum, 1. Aufl. 145, 240, 295. — Anat. u. Phys. II, 122.

3) Diese Bildung der „rundzelligen Schicht“ (Mohl, Bot. Ztg. 1860 S. 5 ff.) kommt auch bei immergrünen Blättern vor: Ficus rubiginosa, Streptocarpus sinuatus, Berberis Aquifolium, Rhododendron hirsutum, Hedera Helix, Taxus baccata, Abies pecti-

aufwärts auch der ursprünglichen Form. Bei der Spreitenbildung schwinden die Zellen des Collenchyms gänzlich und begleiten nur die Nervenoberflächen und den Blattrand [1]). Das Chlorophyllgewebe differenzirt sich in der Spreite in die bekannten Schichten des Pallisaden- und Schwammparenchyms.

Aehnlich verhält es sich bei Berberis Aquifolium, Rhododendron hirsutum, Buxus sempervirens u. s. w.

Nicht wenige Pflanzen (Begonia, Peperomia u. s. w.) verlieren ihr Collenchym in der Blattfläche nicht, sondern wandeln dasselbe in ein mehrschichtiges, aus prismatischen, zur Blattfläche senkrecht gestellten Zellen bestehendes Gewebe um.

Andrerseits kommen auch Fälle vor, in welchen das Chlorophyllgewebe des Blattes im Zusammenhang mit der grünen Rinde nicht nachgewiesen werden kann (Eucalyptus globulus Labill.).

Zwei Beispiele, die wohl zu den complicirtesten Fällen gehören, welche im Verhalten von Blatt- und Rindenschichten zu einander eintreten können, seien noch erwähnt.

Es konnte wohl nicht erwartet werden, zu den von Hanstein gefundenen (Pringsh., Jahrb. I, 233) und von Nägeli weiter verfolgten (Beitr. z. wiss. Bot. Heft I) Gefässbündelblattspuren ein Analogon in der Rinde als „Parenchymblattspuren" zu finden, da eine Gliederung derselben in Stränge nicht vorhanden ist (die Bastschicht gehört zum Gefässbündel im weiteren Sinn, Fibrovasalstrang Nägeli's), und nur äusserlich, andeutungsweise, bei einer Minderzahl von Pflanzen, bei Blättern mit herablaufenden Basen (Blattkissen) auftritt, z. B. bei Coniferen, Cycadeen, Labiaten, Scrophularineen u. s. w. [2]). — Dennoch sind bei einigen dieser Pflanzen die einzelnen Rindenschichten in, den Blättern zugehörige Stränge, wenigstens annähernd, geschieden:

Am Zweige von Podocarpus macrophylla Don finden wir jedes Blatt mit seiner Basis in einem flachen, immer schmäler werdenden

nata. Ueber letztere vgl. auch Sanio, Pringsh. Jahrb. II, 68. — Sie darf als anatomisches Substrat des Blattgelenkes, nicht aber als solches für den Blattfall angesehen werden.

1) Solch ein Randcollenchym findet sich auch bei Eucalyptus, Musa und sonst; damit ist nicht zu verwechseln das Vorkommen randständiger Nerven mit seitlich gelegenen Bastbündeln, die den Knorpelrand vieler Blätter bedingen: Camphora, Laurus, Cocculus, Cinnamomum, Quercus. Schon Malpighi (Opp. ed. cit. p. 7 et 53) spricht davon beim Lorbeer.

2) Ueber diese „äussern" Blattspuren vgl. Nägeli a. a. O. S. 46.

Wulste durch vier Internodien bis zu dem darunter stehenden herablaufen ($^2/_5$ Stellung) und könnten demnach, äusserlich, eine Rinden- oder Parenchymblattspur desselben unterscheiden, die sich von der Gefässbündelblattspur durch bedeutendere Kürze unterschiede (über die Länge der letzteren vgl. Hanstein a. a. O. S. 258, Taf. XVIII, Fig. 19). Aber auch innerlich zeigt der Querschnitt durch die Rinde, correlativ mit dem Blatt- oder Blattstielquerschnitt, unter der Epidermis eine einreihige Lage bastähnlicher Zellen, ein grünes Rindenparenchym und eine farblose, an den Bast stossende Zellschicht. Von diesen Schichten laufen die bastähnliche und chlorophyllhaltige, durch Einziehungen der Epidermis getrennt, als gesonderte, je einem Blatt zugehörige und opponirte Stränge durch den Stengel. — So auch Taxus baccata L.

Bei Nerium Oleander L. ist das unter der Epidermis gelegene, farblose, mehrschichtige Gewebe eine veränderte Fortsetzung des Collenchyms der primären Rinde, und das Chlorophyllgewebe jeder Blatthälfte steigt durch die ihm zugewendete Seite des Blattstiels (und darin sehr verschmälert) in die Rinde hinab und liegt hier, vereint mit dem Chlorophyllgewebsstrang für die ihm zugewendete Hälfte des angrenzenden Blattes auf der Fläche zwischen je zwei Ecken des dreikantigen Stengels. Es enthält also hier der Stengel drei grüne, den Flächen opponirte, und den einander zugekehrten Blatthälften zweier benachbarter Blätter angehörige, und drei farblose Collenchymstränge, den Kanten opponirt und jeder je einem Blatte zugehörig.

Diese wenigen Beispiele, die sich unschwer vermehren liessen, mögen als Beweise genügen, dass Rinden- und Blattparenchymschichten meist als gegenseitige Fortsetzungen oder doch als einander im Schichtenbau analog betrachtet werden dürfen.

Es erleiden nemlich die einzelnen Gewebselemente beim Uebertritt in die Blattspreite ansehnliche Aenderungen. Bemerkenswerth ist, dass dieser Aenderung die Gefässbündelbahnen nicht folgen.

Für die Epidermis besteht die Abänderung darin, dass die längsgestreckten Zellen der Rinde in der Spreite sich flächenartig dehnen, manchmal kaum merklich (Ficus rubiginosa), ein andermal deutlich und mit Umänderung der Contouren in die geschlängelte Form (Berberis, Vinca u. s. w.). Blattstiel und Gefässbündelbahnen behalten den Bau der Rindenepidermis (Angiopteris Teysmanniana, Cycas revoluta u. s. w.). — In gleicher Weise ändert ab das Collenchym. Während dasselbe bei allen von mir untersuchten Pflanzen in Rinde, Blattstiel und Gefässbündelbahnen der Spreite zusammengesetzt ist, aus deut-

lich in Fasern zerlegbaren Zellreihen, (Zellen Tochterzellen zu 2 bis 10, manchmal mehrere neben einander [Tilia] beherbergend) (Ficus rubiginosa, Rhododendron campanulatum, Metrosideros tomentosa, Nerium Oleander, Sambucus nigra, Berberis Aquifolium, Sorbus aucuparia, Salix caprea. Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea, Ulmus campestris, Ribes aureum, Cytisus Laburnum, Rhus typhinum, Fagus sylvatica, Corylus Avellana, Prunus Laurocerasus u. a.), so konnte ich bei den in der Spreite, unter der Epidermis liegenden, flachen Zellen, die eine unmittelbare Fortsetzung der Collenchymzellen sind, eine solche Zusammenlagerung zu Fasern nicht nachweisen (Ficus rubiginosa, Rhododendron campanulatum, Metrosideros tomentosa u. a.). Diese Schicht ungefärbter, etwas verdickter, poröser Zellen, die schon längst bekannt ist [1]), hat zur Annahme einer mehrschichtigen Epidermis geführt. Hätte man dieselbe durch den Blattstiel nach rückwärts verfolgt, oder ihren Zusammenhang mit dem auf den Blattnerven liegenden Collenchym beachtet, so würde man sich alsbald von ihrer wahren Natur, als eines modificirten Collenchyms überzeugt haben. Dafür spricht nicht allein der angegebene unmittelbare Zusammenhang, sondern auch Bau und Inhalt derselben. Besonders auffallend ist der gleiche Inhalt bei Metrosideros tomentosa, wo Collenchym und farblose Blattschicht auf Eisenchlorid eine schön blaue Gerbstoffreaction zeigen. — Die Umänderung der grünen Rindenschicht im Blatt ist bekannt.

Für die hier untersuchte Familie kann, nach Massgabe des Materials, nur einiges über den Zusammenhang der Fieder- und Spindelzellschichten des Wedels gegeben werden.

Bei der vergleichenden Betrachtung des Spindel- und Fiederbasisquerschnittes von Cycas revoluta L. fällt als hauptsächlichster Unterschied die gewechselte Lage des Chlorophyll- und Bastgewebes ins Auge. Während nämlich in der Spindel unter der Epidermis eine Chlorophyllzelllage mit radienartigen Fortsetzungen in die darunter befindliche Lage bastähnlicher Zellen kommt, liegt unter der Epidermis der Fiederbasis ein bastähnliches Gewebe und darunter erst Chlorophyllparenchym. Dieser Lagenwechsel geschieht in der Furche, welche die herablaufende untere Kante der Fieder mit der Rhachis bildet. Dort, in der Tiefe der Rinne, schwindet die unter der Epidermis gelegene Chlorophylllage und das darunter befindliche Bastgewebe tritt unter die Oberhaut des sich erhebenden Blattes herauf, meist unter

1) Meyen, Phytotomie S. 114; Thomas a. a. O. S. 34.

schiefem Verlaufe der Zellen. Hiemit ist nun allerdings nur der Zusammenhang des unter der Oberhaut gelegenen Gewebes mit der tieferen, bastähnlichen Lage dargethan; aber auch das Chlorophyllgewebe des Blattes zeigt sich als eine Fortsetzung der radienähnlichen Ausläufer, welche die Bastlage der Spindel durchsetzen, da man auf Längsschnitten den Zusammenhang dieser vereinzelten, längsverlaufenden Chlorophyllstränge mit dem Blattchlorophyllgewebe einer- und dem der Spindel andrerseits wahrnimmt.

Bei Ceratozamia mexicana Brongn. sind die Verhältnisse wesentlich andere:

Der Querschnitt der Spindel zeigt unter der Epidermis eine oder zwei Reihen bastähnlicher Zellen, darauf eine dünne Lage Chlorophyllgewebe (wie bei der vorigen vielseitig-prismatische, grossporige Zellen), das sich in netzförmig verbundenen Radien in das unterlagernde bastähnliche Gewebe fortsetzt; innerhalb des letzteren die Gefässbündel und Gummigänge in markähnlichem Gewebe. An der Fiederbasis ändert sich die Sache: die Spindeloberhaut setzt sich als Blattepidermis ungestört, aber modificirt fort; das darunter liegende bastähnliche Gewebe schwindet gänzlich und an seine Stelle tritt das Chlorophyllgewebe, den ganzen Raum einnehmend zwischen dem gerade aufsteigenden, die Gefässbündel umgebenden bastähnlichen Rohre der Rhachis und der nach aussen biegenden, für die Fiederbasis bestimmten Epidermis; es ist in der Weise geändert, dass die Zellen gestreckt und dickwandig sind und ihr Chlorophyllgehalt sich auf ein Minimum reducirt. Im Blatt selbst schwindet dies Gewebe wieder eben so allmählig, als es entstanden, sich differenzirend in ein bald wieder erlöschendes oberseitiges, unter der Epidermis gelegenes bastähnliches Gewebe und ein Blattdiachym. — Eine merkwürdige Aenderung geht das die Gefässbündel umhüllende Bastrohr ein. Die Zellen desselben werden von aussen nach innen zu allmählig immer kürzer, steinzellenähnlich und reich porös. Diese Steinzellschicht unterlagert die ganze schmal elliptische Fiederbasis und ist als anatomisches Substrat des „Blattgelenkes“ [1]) zu betrachten; über ihr bricht die Fieder leicht ab. Etwa eine Linie oberhalb ihres Anfangs wird diese Steinschicht von einem einzigen Gefässbündel durchbrochen, welches aufwärts steigend etwa 10 Zweige unter schiefem Winkel als Blattgefässbündel abgibt und schliesslich selbst als oberster Randnerv in

---

1) Ueber die Gattungen, welchen von den Systematikern Gelenke zugeschrieben werden, s. Miquel, Prodr. Syst. Cycad., 1861, p. 6.

die Fieder tritt. — Aehnlich verhält sich Zamia; bei den übrigen Cycadeen habe ich nichts dergleichen gesehen. — Diese Art der Gelenkbildung ist verschieden von der, welche z. B. an Berberis Aquifolium sich findet. Auch hier wird sie durch eine Steinschicht verursacht; diese aber ist nicht die Modification einer in ihrer Richtung ungestörten Normalschicht, sondern eine hier eigens auftretende, quer durch die anderen Schichten von Epidermis durch die Rinde setzende.

So mag denn das Blatt anatomisch als eine modificirte primäre Rinde betrachtet werden, modificirt zum Zwecke kräftigerer Respiration. Auf der höchsten Organisationsstufe ständen diejenigen Blätter, in welche die Schichten der Rinde sämmtlich eintreten.

Dies ist bei unserer Familie der Fall. Ueber einer gestaltreichen, gattungcharakterisirenden Epidermis liegt eine Blattrinde — der Aussenrinde entsprechend — und ein meist in 2, manchmal sogar in 3 Schichten differenzirtes Chlorophyllgewebe (Pallisaden-, Quer- und Schwammparenchym)[1]). Am tiefsten stehen die Zamien, denen eine Blattrinde und ein differenzirtes Chlorophyllgewebe häufig fehlt; daran schliesst sich die farnkrautähnliche Stangeria und Ceratozamia mit ebenfalls fehlender Blattrinde, aber reichlicher differenzirten übrigen Geweben; unter den drei Gattungen Encephalartos, Dioon und Cycas besitzt die erste eine beiderseitige, zusammenhängende Blattrinde, die beiden letzten sind ohne eine zusammenhängende auf der Unterseite; die beiden ersten besitzen Gummigänge, die letztere dagegen ein eigenthümlich modificirtes Markparenchym und öfter merkwürdig gebaute Spaltöffnungen.

Nun ergibt sich auf den ersten Blick eine Harmonie dieser anatomischen Resultate mit der nach morphologischen Gesetzen ordnenden Systematik: — die Cycadeen werden zwischen die Coniferen und Palmen gestellt. Ein Vergleich der Blattstructur beider mit der der Cycadeen scheint wie geschaffen zu sein, ihre Stellung zu befestigen. Die Blattfieder von Cycas revoluta L. ist äusserlich und innerlich dem Blatte von Podocarpus (macrophylla besonders) im Ganzen vollständig gleich angelegt, freilich in den einzelnen Elementen verschieden. Encephalartos steht der Dammara sehr nahe. — Andererseits stehen die Palmenfiedern (der oben angeführten Gattungen) in der Anord-

---

1) Die für die Gattungen, ja manche Artengruppen ganz charakteristischen Epidermen hat Bornemann (a. a. O. Taf. XI u. XII) skizzirt; nach diesem und nach meinen Erfahrungen (vgl. unten) kann ich mich der Ansicht Hallier's, „dass die Unterschiede im Bau und in der Anordnung der Oberhautzellen zur Bestimmung der Gattung durchaus nicht zureichen" (Flora 1859 p. 50), nicht anschliessen.

nung der Blattschichten den Zamien ziemlich nah; und gegen die Farne hin macht Stangeria einen unbestreitbaren Uebergang (nach Epidermis und Nervatur).

Wie dem aber sei, diese ganze Uebereinstimmung der Structur nahverwandter Familien darf doch nur als rein zufälliges Zusammentreffen (bis jetzt) betrachtet werden, welches nicht sowohl in der nahen morphologischen Verwandtschaft als in der Gleichheit der Blattform gegründet ist. Dies beweist sich einfach daraus, dass, wo in anderen weit entfernten Familien gleiche Blattformen auftreten, ebenda auch ähnliche Structur wiederkehrt. Als Beispiel mögen die Phyllocladien von Xylophylla angustifolia und falcata — aus der Familie der Euphorbiaceen — dienen. — Aehnliches ergibt sich ja auch in Bezug auf die Structur des Holzes bei Coniferen, Magnoliaceen und Araliaceen (Cupressineen — Drimys, Tasmannia — Trochodendron).

2. Die Epidermis.

Zum Epidermisbegriff. In jüngster Zeit sind zwei schon früher einmal aufgeworfene Fragen wieder aufgenommen worden, durch deren verschiedene Beantwortung der Oberhautbegriff ansehnlich modificirt wird. Die eine ist, ob die Epidermis an oberflächlichen Laubtheilen fehlen, die andere, ob sie mehrschichtig auftreten könne.

Die erste wird von Caspary im Anschluss an die älteren Ansichten von Treviranus und Brongniart [1]) bejahend vertreten. Dieser fand nämlich bei seinen Untersuchungen über den Bau der Hydrilleen (Pringsh., Jahrb. I, 384. – Bot. Ztg. 1859 S. 125), dass die äusserste Zellschicht des Blattes und Stammes derselben bei mangelnden Spaltöffnungen, wie das darunter liegende Parenchym Chlorophyll führt, und hält deshalb mit Treviranus (Verm. Schr. IV, 76; Phys. I, 460) diese Schicht nicht für Epidermis. Die genannte äussere Zelllage besitzt aber ausserdem, wie ich mich für das Blatt von Potamogeton lucens und praelongus überzeugt habe, die Form der Epidermis (sie gehört in die Kategorie der Epidermen mit senkrecht gegen die Blattachse gestreckten Zellen, worüber unten), eine

1) Brongniart's Beweisführung, die sich lediglich auf den Mangel der Spaltöffnungen stützt (Annales des sciences naturelles T. XXI p. 442) wird wohl von keinem Anatomen als bindend betrachtet werden, man müsste denn etwa die spaltöffnungslosen Blätter der Schmarotzer (Monotropa u. s. w.) oder der Blüthe (Hildebrand, einige Beob. a. d. Geb. d. Pfl.Anat. 1861 S. 6—7) für epidermenlos halten.

nach aussen stärker entwickelte Cellulosemembran und eine, wenn gleich sehr dünne, Cuticula; letztere lässt sich durch conc. Schwefelsäure als feines, spinnewebiges Häutchen isoliren und durch Jodzusatz verdeutlichen [1]). Der Unterschied dieser Schicht von der gewöhnlichen Epidermis liegt also im Mangel der Spaltöffnungen und dem Vorhandensein des Chlorophylls. Beide Eigenschaften können jedoch den Charakter der Epidermis nicht stören, da eine Anzahl echter Blattepidermen der Spaltöffnungen entbehrt (vgl. oben), und ausserdem unzweifelhafte, mit Spaltöffnungen versehene Epidermen Chlorophyll in verschiedener Menge führen. Sanio hat bereits in der Oberhaut von Ficaria, Staphylea, Listera und Equisetum Chlorophyll nachgewiesen (Bot. Ztg. 1864 S. 196—97 Anm.). Ich füge Caltha palustris, Salicornia herbacea, Mercurialis annua, und von den Farnkräutern, bei welchen Blattgrün führende Oberhäute fast zur Regel gehören, Nephrolepis exaltata, Woodwardia lunulata, Asplenium Nidus, Polypodium ireoides, Allosorus falcatus und Aspidium coriaceum hinzu. In diesen Pflanzen, wo eine exquisite, cuticularisirte und stomatenreiche Epidermis bald mehr bald weniger Chlorophyll enthält, bietet sich demnach ein Uebergang zu jener Form der Epidermis, welche, ohne Spaltöffnungen, aber mit dem normalen Bau derselben, chlorophyllführend, an dem Charakter der Epidermis und des Diachyms gleichzeitig participirt. — Ich kann noch ein schönes Beispiel aus der Familie der Hymenophylleen beifügen: Trichomanes reniforme Forst. Das Blatt ist 5—6schichtig, ein dreischichtiges, spärlich grünes, aus verdickten, polygonalen Zellen bestehendes Diachym ist oben und unten von einer Epidermis gedeckt, deren polygonale, fast isodiametrische, mit Cuticula versehene Zellen auf ihrer äusseren Wand mit nadelstichfeinen Poren besäet und einer gedrängten Schicht grosskörnigen Chlorophylls belegt sind.

So liegt die Sache, so lange man an dem anatomischen Begriff der Epidermis festhält und sie als jene Schicht bezeichnet, die, mit einem structurlosen Häutchen (der Cuticula) überzogen, die Oberflächen der Pflanze bedeckt; — anders, wenn man die Epidermis physiologisch definirt.

Präparirt man an einer Fieder von Ceratozamia mexicana Brongn. ein Stückchen fehlerfreier oberer Epidermis vom unterliegenden Ge-

---

1) Von Potamogeton lucens hat sie Brongniart durch dreimonatliche Maceration in Wasser isolirt. Annal. des scienc. nat. II. Ser. Tom. I. 1834 p. 68, Pl. 3, Fig. 5.

webe frei (was an getrockneten Wedeln nicht schwer ist), prüft dasselbe mikroskopisch auf seine Unversehrtheit und heftet es an eine Glasröhre, deren genauer Verschluss durch diese Membran ebenfalls geprüft werden muss: so wird man bei einem endosmotischen Versuch mit Zuckerlösung (etwa 1 Theil Zuckersyrup und 2 Theile Wasser) Tage und Wochenlang denselben Stand der Flüssigkeit innerhalb der Röhre finden. Daraus folgt die Undurchdringlichkeit dieser Epidermis für Flüssigkeiten. Wiederholt man denselben Versuch mittelst eines Blattes von Potamogeton praelongus, so ist die Flüssigkeit in der Röhre schon nach einer Stunde merklich gestiegen und nach Verlauf von 24 Stunden hat man einen wenigstens 4—6‴ höheren Flüssigkeitsstand. Daraus folgt die Durchdringlichkeit dieser Epidermis und ihrer Cuticula. Eine solche Permeabilität der Cuticula darf man nicht auffallend finden, da bereits Schacht hieher sprechende Versuche mitgetheilt hat [1]), die eine Permeabilität der Caulerpen-Cuticula beweisen, und Hofmeister eine merkwürdige, für Gallerte durchdringliche Cuticula am Leinsamen beschreibt [2]).

So kann man die Existenz einer Epidermis dieser Wasserpflanzen vom anatomischen Standpunkte behaupten, und vom physiologischen (die Epidermis als eine Flüssigkeit sperrende Membran betrachtet) leugnen, wenn man zugibt, dass anatomische und physiologische Begriffe in der Gewebelehre sich nicht zu decken brauchen.

Mehrschichtigkeit der Epidermis. Zwischen der äussersten Zelllage und dem chlorophyllführenden Diachym des Blattes findet man in verschiedenen Familien [3]) — bisher ohne Rücksicht auf besondere Eigenschaften der Blätter — eine ein- oder mehrreihige Schicht farbloser, gewöhnlich verdickter, Zellkern und ausser Zellsaft wenig Protoplasma führender Zellen eingeschoben. Die Form derselben ist bisher nirgends mit der Epidermis ganz übereinstimmend gefunden worden, und wechselt von dem häufigsten Flachpolygone durch das gestreckte (über den Nerven) zu bastzellähnlicher Gestalt (Coniferen, Cycadeen, Palmen).

Diese Schicht farbloser Zellen wurde bald zur Epidermis gerechnet und dieselbe mehrschichtig beschrieben (F. Bauer, Treviranus,

---

1) Zelle S. 348 ff.; S. 158 ff. Taf. VI, Fig. 2, a. — Anat. u. Phys. I, 361 ff., 96 ff. Taf. I, Fig. 45.

2) Sitzungsber. d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wiss. Sitzung vom 20. Febr. 1858 S. 20 f.

3) Vgl. Thomas a. a. O. S. 31 ff.

Brongniart; Schleiden ist schwankend)[1]); bald, als derselben nicht zugehörig, zum Parenchym gezählt) (Meyen, Krocker fil., Thomas)[2]).

Es ist oben gezeigt worden, dass dieses Gewebe sich ganz allmählig aus der farblosen Rinde (dem Collenchym) herausbildet, wie schon Thomas (a. a. O. S. 34) für einige Pinusarten angibt; deshalb kann dasselbe nicht zur Epidermis gerechnet werden und soll im Folgenden als „Blattrinde (Hypoderm)" bezeichnet werden.

Elemente der Epidermis. Die Epidermis der Cycadeen besitzt alle, in einer exquisiten Epidermis möglichen Elemente: einseitig verdickte, mit Cuticularschicht und Cuticula versehene Zellen, Spaltöffnungen und Anhänge in Form von Haaren. Letztere sind selten, und nur bei Zamia muricata v. foliolis tomentulosis reichlich und auffallend; ähnlich bei Cycas revoluta L. auf der Unterseite: platte, braunwandige, bei ersterer geradwinkelig gegabelte, auf einer kleinen Fusszelle sitzende Zellen. Haarnarben finden sich hin und wieder bei Encephalartos auf der Oberseite, beiderseits bei Stangeria, wobei auch die ihr eigenen Cuticularleisten auf die Basis derselben radienartig zulaufen, wie das auch sonst gewöhnlich der Fall ist (Phaseolus multiflorus, Prunus domestica, Syringa vulgaris u. s. w.) (Fig. 29). In der Jugend mögen die Fiedern reichlichere Haare zeigen.

Ueber die Form der Oberhautzellen überhaupt, und insbesondere der Cycadeen hat Bornemann (über organische Reste der Lettenkohlengruppe Thüringens, 1856 S. 26 ff. 41 ff.) schöne Untersuchungen geliefert. Doch kann hier nicht einfach darauf verwiesen werden, weil dieselben, eine andere Richtung verfolgend, viel hieher Gehöriges übergehen und in den Einzelheiten manches Unrichtige enthalten.

Vor Allem gehört die Epidermis, ihren Zellen nach, theils zu den gleichartigen (Cycas, Zamia, Encephalartos), theils zu den ungleichartigen Epidermen, d. h. sie ist aus ungleich geformten Zellen zusammengesetzt, und zwar nicht nur an bestimmten Localitäten

---

1) vgl. dessen Grundzüge 4. Aufl. S. 321 u. 396. — Schacht hat, wie es scheint, nirgends eine solche untersucht, vgl. dessen Zelle S. 225; Anat. u. Phys. I, 267; Mikrosk. 3. Aufl. S. 123. — Hildebrand, Begoniaceen S. 20, und Sanio, bot. Ztg. 1864 S. 195 nehmen eine mehrschichtige Stengelepidermis an. Ich kann mich nach Untersuchung von Begonia umbellata und Peperomia blanda dieser Anschauung nicht anschliessen. M. vgl. nur des Ersteren Abbildung a. a. O. Taf. V, Fig. 1, e.

2) Die Geschichte dieses Streites s. Meyen, Phytot. S. 114; Thomas a. a. O. S. 34.

(Ober- und Unterseite, Nerven, Umgebung der Stomaten, Rand u. s. w.), was sie mit den Oberhäuten überhaupt theilt, sondern an sich (Ceratozamia, Dioon). Hier sind zwischen die gewöhnlichen bastzellähnlichen Elemente ganz kurze, rautenförmige, reihenweise eingestreut. Eine solche Ungleichartigkeit der Epidermis findet sich noch viel schöner bei Palmen (Livistona) und besonders bei Gräsern. Von letzteren sei das Zuckerrohr (Saccharum officinarum L.) erwähnt. Die untere Epidermis seines Blattes besteht, abgesehen von den Spaltöffnungszellen, aus drei verschiedengestalteten Elementen: 1) rechteckigen, langen Tafeln mit geschlängelten Contouren, das Hauptgewebe bildend; 2) dazwischen, ohne Regel eingeschoben, kurze, nur 1 bis 2mal länger als breite, bisquitförmige; 3) grosse, eiförmige, geradcontourirte, manchmal gehörnte Zellen. Auf der Oberseite sind die unter 2) genannten Zellen durch kleine, quadratische ersetzt.

Der Form der Epidermiszellen nach steht die Familie der Cycadeen mitinnen zwischen Coniferen und Farnen. Während Stangeria nach der Nervatur und dem Epidermisbau von Farnkräutern schwer zu scheiden ist (gestreckte Zellen mit geschlängelten Wandungen, Fig. 28—29), drängt Cycas mit 3—6eckigen, richtungslosen Elementen (Fig. 1, 2, 10) den Pinusarten, Ceratozamia (Fig. 17—19) mit bastzellähnlichen Torreya zu; Dioon (Fig. 21—22) hält sich gegen letztere, wie auch wohl Zamia (Fig. 24—26); Encephalartos (Fig. 12—14) steht Cycas nahe. — Gleichwohl sind die einzelnen Gattungen unter sich nach dem Epidermisbau wohl unterscheidbar; dagegen fallen die Arten der einzelnen Gattungen alle oder gruppenweise zusammen — ein Resultat, welches, wie bemerkt, die vergleichende Anatomie wiederholt geliefert hat [1]). Das Nähere über die Epidermiszellformen im speciellen Theile.

Merkwürdig sind die Formänderungen, welche die Epidermiszellen an bestimmten Localitäten eingehen:

Ein Theil dieser Formmodificationen hängt mit dem Auftreten der Spaltöffnungen und dem Vorhandensein einer bastähnlichen Blattrinde zusammen. Während Stangeria und Cycas auf beiden Seiten des Blattes, in der weiteren Umgebung der Spaltöffnungen, unbekümmert um vorhandene oder mangelnde Blattrinde, fast vollständig gleich geformte Epidermiszellen besitzen, hat Zamia, Ceratozamia und Encephalartos, da, wo die Spaltöffnungen liegen, etwas anders geformte Zellen (mehr isodiametrische); auffallend aber ist der Contrast da,

---

1) vgl. oben.

wo mit dem Auftreten der Spaltöffnungen zugleich die Blattrinde gänzlich fehlt (Dioon).

In den Nervenbahnen, wo bei den Laubblättern so häufig scheinbar Aenderungen der Epidermiszellform eintreten, die aber thatsächlich nur in einem Beibehalten der Rindenepidermisform bestehen, tritt auch ein Aehnliches bei Stangeria ein (Fig. 28); bei den übrigen Cycadeen nur unbedeutend, wie dies auch den Coniferen eigen ist (Thomas a. a. O. S. 25). Behälter eigenthümlicher Stoffe (Gummi-, Harz-, Oelgänge oder Drüsen) sind hier ohne Spuren auf der Epidermis.

Blattbasis, -Spitze und -Rand wirken häufig in der Art, dass die Zellen dickwandiger, auch wohl gestreckter werden.

Die Richtung der Zellen ist gewöhnlich der Richtung des Blattes parallel, d. h. die Zelllänge steht in der Blattlänge; so auch bei den nächstverwandten Coniferen, dann bei Gräsern, Palmen, Liliaceen u. s. w. Einen auffälligen Unterschied macht Encephalartos (vgl. die Abbildung in Bornemann a. a. O. Taf. XII, Fig. 4) und Cycas (Fig. 10, 12—14), wo der Querdurchmesser der Zelle und der Längsdurchmesser des Blattes ihrer Grösse nach correspondiren. Sie haben ihr Analogon z. B. in den Commelynaceen, Tradescantia crassula, Campelia, Dichorisandra, Salicornia u. s. w. Hier sind die Zellenlängsmesser in die Blattquere gestellt; die Spaltöffnungszellen dagegen nach der ersten Regel geordnet, und vielleicht durch Längstheilung einer solchen Querzelle entstanden.

Bau und Chemie der Cellulosewände. Die Mehrzahl der Gattungen: Zamia, Dioon, Cycas, Encephalartos und Stangeria hat die gesetzmässige, einseitig nach Aussen verdickte Zelle, nur Ceratozamia (Fig. 20) hat eine gleichmässig, stark verdickte, bastzellähnliche Epidermiszelle[1]). Die Aussenwand ist von grossen Poren durchsetzt bei Cycas, was für diese und Coniferengattungen schon längst bekannt ist (Schleiden, Grundz. 4. Aufl. S. 197). Diese sind von oben gesehen queroval, der Längsdurchmesser in dem queren der Zelle; sehr gerne laufen sie dem Zellrand entlang. Als weitere Beispiele nach aussen laufender, grosser Porenkanäle kann ich Camellia, Cinnamomum aromaticum (Unterseite), Berberis Aquifolium angeben; bei letzterer Pflanze zugleich mit schief nach aussen gehenden, in je einem ausspringenden Winkel der Epidermiszelle gelegenen, alterni-

1) Solche prosenchymatische, dickwandige, poröse Epidermiszellen ermangeln selbst in den Blumenkronen nicht: Calluna vulgaris Salisb.

renden (ähnlich bei Cocculus laurifolius, Viburnum Avabaki, Coffea, Lycopodium pinifolium). Diese nach aussen gerichteten Porenkanäle dürfen jetzt wieder auf einen gewissen Grad von Seltenheit Anspruch machen, nachdem durch die Untersuchungen von Nägeli (über den innern Bau der veget. Zellmembran, Sitzb. d. Münchn. Akad. d. Wiss. 1864 I, 321) die von Schacht[1]) für allgemein erklärten „feinen Porenkanäle" zu „Dichtigkeitsstreifen" der Cellulose geworden sind[2]).

Die Zellwände färben sich in ihren inneren Theilen durch Chlorzinkjod rothviolett; bei Ceratozamia die ganze Zellwand; bei den einseitig verdickten findet sich eine geschichtete Cuticularbildung und eine bei Cycas (inermis und revoluta) deutlich aus Schichten gebildete Cuticula. Letztere bleibt durch genanntes Reagens gelb, und ist mit Ausnahme der Stangeria stets glatt. Sie ist bei Cycas und Encephalartos mit einem in kochendem Weingeist tropfenweise zusammenrinnenden Wachs bedeckt. Kieselmembranen, die sich hier vermuthen liessen, finden sich nirgends; Mohl (Bot. Ztg. 1861 S. 214) hat es bereits für Cycas revoluta angegeben. Beim Glühen erhält man eine spärliche, weisse, in Säuren brausend verschwindende Asche.

Bornemann (a. a. O. S. 46) gibt eigenthümliche Reactionen an für die kurzen und langen Zellen bei Dioon und Ceratozamia. Man kann allerdings Aehnliches wahrnehmen, doch nur dann, wenn die missliche Reaction mit Jod und Schwefelsäure, wie das so häufig ist, fehlschlägt; eine gelungene Reaction mit dem genannten Reagens oder besser mit dem sicheren Chlorzinkjod gibt eine gleiche Reaction für alle Zellen: Blau- (beziehungsweise Violett-) Färbung der Secundarschichten, Gelbfärbung der Cuticula.

Der Inhalt der Zellen ist durchgängig wässerig mit feinkörnigem Protoplasma und ansehnlichem Zellkern — wie es für die Epidermiszellen Regel ist. Jod färbt ihn gelb, schwefelsaures Kupferoxyd und Kali violett. — Bei Zamia, Dioon und Ceratozamia kommen in den kürzeren Zellen ölartige Tröpfchen vor. Den von Bornemann (a. a. O. S. 46 f.) erwähnten braunen homogenen oder tropfenartigen Stoff kenne ich auch bei Cycas. Er hat die von ihm angegebenen Eigenschaften und ist aber ausserdem merkwürdiger Weise gerbstoffhaltig. Eisenchlorid färbt ihn grün[3]). — Krystall-

1) Dessen Zelle S. 228; Anat. u. Phys. I, 271. — Taf. III, Fig. 24—29.

2) Ich finde, was Nägeli für Hakea pectinata und Baxteri angibt, bei H. nitida bestätigt.

3) Einen ähnlichen Stoff findet man in den isolirten Bastzellen des Diachyms, die ganze Zelle meist homogen ausfüllend, gelblich oder braun, dann in Korkzellen (Sa-

drusen[1]) finden sich einzeln und um die Spaltöffnungszellen zu mehreren, im letzteren Falle in gefächerten, stets dünnwandigen Zellen bei Stangeria; bei Dioon in den unteren Nervenbahnen in kleinen, polygonalen, dünnwandigen Zellen.

Die Spaltöffnungen der Cycadeen liegen, wenn man das ausnahmsweise Vorkommen oberseitiger an der Fiederbasis von Encephalartos nicht achtet, sämmtlich auf der Unterseite der Fiedern, und sind ordnungs- und richtungslos zu beiden Seiten des Nerven zerstreut bei Cycas, oder regelmässig zwischen die Gefässbündelbahnen vertheilt bei Dioon, Encephalartos und den übrigen. — Die Spaltöffnungszellen liegen bei keiner Gattung der Oberfläche der Epidermis gleich, etwas unter dieselbe gesenkt bei Stangeria, unmittelbar unter derselben bei Zamia, Ceratozamia und Encephalartos (Fig. 27), mit einer dazwischengeschobenen Zellreihe (Cycas [Fig. 5 u. 6]), oder endlich mit mehreren dazwischengeschobenen (senkrechten) Zellreihen bei Dioon (Fig. 23). Bei letzterer entsteht dadurch eine krugförmige äussere Athemhöhle, welche bei Cycas (revoluta und inermis) durch eine eigenthümliche Wölbung der umgebenden Epidermiszellen gebildet wird. Der Spaltöffnungszellen selbst sind 2, wie gewöhnlich halbmondförmig. An den aneinanderliegenden Enden sind dieselben gestutzt, und wie die nach oben concave Figur des Längenschnittes zeigt, schnabelartig emporgezogen. Ihr Querschnitt, in der Mitte, ist länglich, an den Enden recktwinkelig-dreieckig. Sie besitzen eigentlich nur 2, sphärische, Wände, eine obere und äussere, stark verdickte, verholzte und eine untere und innere dünnwandige.

---

nio, Pringsh. Jahrb. II, 53), hier wie dort gerbstoffhaltig. Am merkwürdigsten ist er in den Pallisadenzellen und in der Umgebung des Gefässbündels im Blatt von Urostigma-Arten (U. elasticum, rubiginosum). Schon in den ganz jungen Blättchen wird er als eine glas- bis wachsglänzende Masse und durch seine Eisenreaction erkannt. Sein weiteres Verhalten ist: Gegen Wasser, Weingeist, Aether, salpetersaures Quecksilberoxydul und Jod indifferent; Chlorzinkjod färbt ihn tiefer; Karmin nimmt er auf; gegen Salz- und Schwefelsäure bleibt er unveränderlich (lässt sich mittelst letzterer isoliren), durch kochende Salpetersäure löst er sich, körnig werdend, durch Chromsäure unter Quellen.

1) Die Epidermiszellen von Asplenium Nidus enthalten Octaëder-Krystalle von winziger Kleinheit bis zu ansehnlicher Grösse. — Klinorhombische, die kleine Zelle ganz füllende Krystalle kommen in zerstreuten oder gruppirten Zellen vor bei Ilex paraguayensis. — Ueber den Nerven alle Zellen füllend bei Viburnum Opulus L., Pyrus communis u. s. w.

3. Die Blattrinde (das Hypoderm).

Ich habe oben die Gründe angegeben, welche eine Trennung der unter der Blattepidermis häufig vorkommenden, farblosen Zellschicht von jener erheischen und dieselbe, das Analogon des Rindencollenchyms oder allgemeiner der unter der Oberhaut liegenden farblosen Rinde, Blattrinde (Hypoderm, ὑπὸ und δέρμα = Unterhaut) genannt.

Von der gewöhnlichen Gestalt der Zellen dieser Schicht [1]), der polygonalen Tafel oder dem senkrecht zur Blattfläche gestellten polygonalen Prisma (Aeschinanthus, Begonia, Peperomia u. s. w.) kommt eine eigenthümliche Abweichung bei den Coniferen, Cycadeen und nach Karsten (Veget. Org. d. Palmen Taf. II, Fig. 11 und S. 154, bei Oenocarpus utilis Kl.) auch bei Palmen in der auffallenden Form bastähnlicher Zellen vor. Diese Schicht bastfaserähnlicher Zellen unter der Epidermis verliert das Auffallende, wenn man die gefächerte Modification derselben bei den Cycadeen mit den Collenchymzellen, als deren Analogon doch diese Schicht angesehen werden muss, zusammenhält, indem letztere oft ebenfalls auf in Tochterzellen getheilte Faserzellen zurückgeführt werden können, und der Unterschied zwischen beiden also nur darin zu liegen scheint, dass hier die Tochterzellbildung der Anlagerung der Verdickungsschichten voraus-, dort nachgeht.

Bei den von mir untersuchten Palmen (Phoenix sylvestris, dactylifera, farinifera, Livistona australis, Chamaerops excelsa und humilis) ist die Blattrinde beiderseits aus einer Lage mässig dünnwandiger, recht- bis vieleckiger, chlorophyllleerer Zellen gebildet, die manchmal verdrängt sind durch darunter liegende zerstreute Bastbündel. Es weicht also diese Schicht von der gewöhnlichen Blattrindenzellform nicht ab. Welche Deutung den Bündeln bastfaserähnlicher Zellen zu geben sei, lasse ich dahingestellt.

Ein Coniferenzweig (Podocarpus macrophylla Don.) zeigt an Stelle des Collenchyms anderer Rinden eine, oft unterbrochene, Reihe Bastfaserzellen, die sich auch im Blatt wiederfindet; dem Blatte der Taxus und Torreya fehlt sie, welch letztere dadurch, wie durch bastzellähnliche Oberhautzellen, unserer Ceratozamia gleicht [2]).

---

1) Ueber ihr Vorkommen vgl. Thomas a. a. O. S. 30—34; ich kann weiter beifügen: Polypodium Lingua, Aspidium coriaceum, Stenocarpus sinuatus, Veronica speciosa, Ilex ovata, Aeschinanthus sp. — bei letzterer die Schichten und ihre Zellen fast mit unbewaffnetem Auge sichtbar.

2) vgl. Thomas a. a. O. S. 34.

Die Blattrinde der Cycadeen besteht im Allgemeinen aus langen, dickwandigen, feingeschichteten Fasern, den Bastfasern zum Verwechseln ähnlich (Fig. 9); sie unterscheiden sich durch ihre bedeutendere Stärke von denen der Coniferen, sind dagegen im Verhältniss zu den isolirten Bastzellen des Parenchyms um das Vielfache (2—6 mal) kürzer, auch um die Hälfte enger. Sie sind häufig durch schliessliche Tochterbildung in 4—10 Fächer getheilt[1]); bei Stangeria fehlt diese Fächerung gänzlich, bei Dioon den dickwandigeren Fasern. Im Stamme scheint eine solche Fächerung gar nicht vorzukommen, da sie Mettenius (Beitr. z. Anat. d. Cycadeen) im Blatt (S. 579), nicht aber im Stamme (S. 586) erwähnt. Bei Cycas sind die Querfächer netzartig verdickt. — Encephalartos hat die Blattrindenzellen auf der Unterseite in den Spaltöffnungsbahnen, kurz, quergestutzt, fast isodiametrisch, die etwas längeren durch eine Fachwand halbirt.

Eigenthümlich ist das chemische Verhalten der Wände dieser Zellen: Behandelt man einen Querschnitt derselben (von Cycas revoluta L.) mit frischem Cuoxam, so quellen diese secundären Verdickungsschichten unter Blaufärbung[2]) auf, die innerste (tertiäre) Membran widersteht gleich der primären der Quellung und Lösung und faltet sich sternförmig. Bei längerem Einwirken findet man einen Moment, in dem Primär- und Tertiärmembran allein übrig sind. — Ein Aehnliches bewirkt concentrirte Schwefelsäure. — Durch Chlorzinkjod werden die secundären Verdickungsschichten augenblicklich rothviolett, eine Erscheinung, die lebhaft an die Tertiärmembran mancher Holzzellen (der meisten Papilionaceen-Hölzer u. a.) erinnert; die Tertiärmembran färbt sich dauernd gelb. Durch diese Reaction unterscheiden sich diese Zellen wesentlich von denen der Coniferen, die in Chlorzinkjod durchaus gelb werden (in Jod und Schwefelsäure blau!). — Beiden gemeinsam aber ist die purpurrothe Reaction gegen Salzsäure, die ich in Wasser in Orange übergehen sah. Mit Kali längere Zeit macerirt, zeigen sonst ganz unveränderte Zellen diese Färbung nicht mehr.

Die obige Erfahrung über die Tertiärmembran dieser Zellen spricht für die Richtigkeit der Behauptungen Sanio's und Wies-

1) Die ersten gefächerten Bastzellen werden deutlich und genau von Link beschrieben (vgl. Karsten, Veget. d. Palmen S. 51).

2) Diese Blaufärbung finde ich bei allen Bastzellen; die Holzzellen von Xylophylla augustifolia sah ich grün, wohl durch Mischung des Blau mit dem Gelb der Holzzellwand.

ner's[1]), dass sie nicht immer aus reinem Zellstoff bestehe, und ist der entgegengesetzten, von Schacht und Kabsch[2]) vorgetragenen Ansicht zuwider.

Erwähnt sei auch noch, dass bei der Behandlung mit Cuoxam die einzelnen Celluloseschichten öfter auseinander hervortreten, ähnlich den Gliedern eines halb ausgezogenen Fernrohrs, ganz wie es Hofmeister von Cinchona Calisaya beschreibt und abbildet (Sitzb. d. kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 20. Febr. 1858 S. 33 und Taf. I, Fig. XV).

Der Inhalt dieser Zellen, besonders der gefächerten, ist stickstoffhaltig feinkörnig, durch Jod gelb, durch Kali und schwefelsaures Kupferoxyd violett werdend, mit schönem Zellkern in jedem Fache. In den nicht gefächerten und älteren Zellen öfter braun, homogen, und wie erwähnt, gerbstoffhaltig; eine Abnahme der Verdickungsschichten, oder gar ein Verschwinden der Wände dieser oder der isolirten Bastzellen, wie es Thomas angibt (a. a. O. S. 63), habe ich nicht gesehen.

Seiner Verbreitung und Anordnung nach ist es am schwächsten, nur an Rand und Basis, entwickelt bei Ceratozamia und einem Theil der Zamien (Fischeri, Ottonis, pygmaea); bei Stangeria und einem Theil der Cycasarten (C. circinalis, Ruminiana) auch im Gefolge des Mittelnerven; ferner bündelweise vertheilt unter der Oberseite bei Zamia muricata[3]); als zusammenhängende oberseitige Schicht, einreihig bei Zamia Loddigesii, tenuis und integrifolia, ebenso bei Cycas revoluta und inermis, 2—3reihig bei Dioon; endlich am mächtigsten bei Encephalartos, beiderseits 2—3reihig. — An Basis, Rand und über den Narben ist es in mehrreihigen Schichten vorhanden, die, gewöhnlich dickwandiger, wenn sie abbrechen, plötzlich aufhören.

4. Das Chlorophyllgewebe (das Diachym).

Seiner Function nach der wichtigste Theil des Blattes und seiner Masse nach der vorwiegende. Er kann nicht immer, aber häufig direct bis in die Rinde verfolgt werden. In die Blattspreite eingetre-

1) Sanio, bot. Ztg. 1860 S. 201. — Wiesner, über die Zerstörung der Hölzer an der Atmosphäre S. 32.

2) Schacht. Zelle S. 21; Anat. u. Phys. I, 30. — Kabsch in Pringsh. Jahrb. III, 383.

3) Es ist nach den Beobachtungen von Thomas (a. a. O. S. 38) wahrscheinlich, dass die Entwicklung dieser Schichten mit der Wachsthumsenergie in Proportion steht.

ten, sondert sich das Chlorophyllgewebe in den meisten Fällen in ein oberes (dem Licht zugewendetes), pallisadenförmiges und ein unteres, stärker entwickeltes, schwammförmiges (Pallisaden- und Schwammparenchym)[1]. Mit dem ersteren trifft gewöhnlich eine spaltöffnungslose, mit dem letzteren eine spaltöffnungsreiche Epidermis zusammen; aber nicht immer (Thomas a. a. O. S. 42).

Dieser Grundriss für den Bau des Blattparenchyms wurde im Wesentlichen durch Brongniart in seinen schönen „Recherches sur la structure etc.“ (Ann. d. scienc. nat. T. XXI, p. 420) gegeben; weitere Beiträge dazu haben dann Meyen, Schleiden, Schacht, Caspary und Thomas geliefert. Der Anstoss zu einem wesentlichen Fortschritt in der Kenntniss des Baues und der Function des Blattes ist in Hanstein's hervorragender Arbeit über die „Milchsaftgefässe und verwandten Organe“ enthalten.

Von diesem Plane des Parenchymbaues treten unter bestimmten Umständen Abweichungen ein. Aufrechte Blätter haben ein beiderseitiges Pallisadenparenchym mit einer beiderseitig spaltöffnungführenden Epidermis (Callistemon, Acacia, Hakea). Dabei fehlen aber nicht, wie Meyen meint (Phys. I, 265), die Athemhöhlen. — Bei Blättern mit parallelen Nerven tritt als unwesentliche Modification ein Querparenchym auf. Davon scheint verschieden zu sein das bei breiteren, einnervigen Blättern vorkommende chlorophyllleere (oder -arme) Querparenchym (Cycas, Podocarpus u. s. w.), welches eine Modification des die Gefässbündel umgebenden markähnlichen Gewebes ist.

Für die Untersuchung des Chlorophyllgewebes unserer Familie ist festzuhalten, dass sie eine oberseitig spaltöffnungslose Oberhaut und meist parallele Nerven besitzt (Zamia, Ceratozamia, Macrozamia, Encephalartos, Dioon). Es steht also Pallisaden-, Schwamm- und Querparenchym zu erwarten.

Das Pallisadenparenchym, unmittelbar unter der Oberhaut oder unter dem Hypoderm derselben gelegen, besteht überall aus einer Reihe im Allgemeinen prismatischer, mit engen Intercellulargängen versehener, nach unten sich etwas verjüngender Zellen, und ist nicht bei allen Gåttungen gleich schön entwickelt, noch gleich gebildet. Am wenigsten deutlich bei Stangeria und Zamia, wo sich die unter der oberen Epidermis (oder dem Hypoderm) gelegenen Zellen

1) Hanstein bezeichnet das Schwammgewebe, wie ich lieber statt der längeren Schleiden'schen Bezeichnung „schwammförmiges Gewebe“ sage, physiologisch als „pneumatisches Gewebe“ (Pringsh. Jahrb. II, 458). — Der erstere Name wurde von Brongniart vorgeschlagen („parenchyme caverneux ou spongieux“ a. a. O. S. 436).

nur wenig von den übrigen, das Chlorophyllgewebe bildenden, dünnwandigen Elementen unterscheiden (sie sind platt-polygonal). In Gleichem ist es bei Ceratozamia sehr nieder, fast platt, in den senkrecht zur Blattfläche stehenden Kanten leistenartig verdickt, und über der unteren Epidermis fast in derselben Form wiederholt. Die übrigen Gattungen besitzen ein langzelliges, exquisites Pallisadenparenchym, bald dünnwandig (Encephalartos und Cycas z. Th.), bald in den senkrecht zur Lamina stehenden Kanten mit Verdickungsleisten, die von oben (der Epidermis) nach unten an Stärke abnehmen (Dioon, Cycas z. Th. [vgl. Fig. 8], Encephalartos Altensteinii). Diese Leisten sind verholzt und umfassen bei der Behandlung mit Chlorzinkjod die violette Zelle als gelber Rahmen. — Ueber den Nerven, an Basis, Spitze und Rand, nehmen die Zellen an Höhe ab, und hören an letzterem plötzlich auf, oder zerfliessen allmählig in das unregelmässige Gewebe der Unterseite. — Der Fuss der Zelle steht unmittelbar auf dem lückenreichen Gewebe auf, welches bei parallel-nervigen Blättern Querparenchym, bei den andern der Uebergang zum Schwammparenchym ist.

Im Flächenschnitt aus der Mitte einer parallel-nervigen Cycadeenfieder (z. B. von Encephalartos Altensteinii [Fig. 31 und 32]) findet man das Parenchym zwischen je zwei Gefässbündel, oder einen Gefässbündel einer-, einen Gummigang andrerseits so ausgespannt, dass seine Zellen, in der Quere des Blattes gestreckt, sich in dieser Richtung aneinander setzen, in der Blattlänge grosse, ihr Volumen um das Vielfache übertreffende, ovale Lücken zwischen sich lassen. Ein Längsschnitt des Blattes (den Nerven parallel senkrecht zur Fläche) zeigt, dass diese Querfäden des Flachschnitts zur Nervenrichtung senkrecht gestellte Parenchymplatten sind, indem die nun rundlich erscheinenden Zellen mit ihrer obern und untern (oft verdickten) Fläche aneinander liegen, auf der vordern und hintern Seite ebenfalls die grossen Luftlücken zeigen. Im Querschnitt endlich sieht man diese platten und in der Blattbreite gestreckten Zellen aneinandergesetzt, hin und wieder mit einem dreieckigen Intercellularraum, als Communication der vor- und rückwärts liegenden grossen Lücken. Der seitliche Ansatz dieser Parenchymquerplatten geschieht an die Gummigänge, an die Bast- und Siebparenchymzellen des Gefässbündels, auch an die isolirten Bastzellen, stets mit mehr oder weniger fussförmigen, platten Enden.

Von diesem Q u e r p a r e n c h y m, glaube ich, ist das bei Cycasarten vorhandene und für die Coniferen von T h o m a s beschriebene

(a. a. O. S. 37) zu trennen; dieses wird beim Gefässbündel erledigt werden.

Aus dem chlorophyllführenden Querparenchym geht das Schwammparenchym allmählig hervor, von polygonalen, häufige Lücken lassenden Zellen gebildet. Aber ein exquisites Schwammparenchym findet sich bei Cycadeen nicht, wie schon aus dem oben beim Pallisadenparenchym Bemerkten hervorgeht: bei Zamia und Stangeria ist das ganze Mittelgewebe fast gleich, Ceratozamia und Cycas besitzen über der unteren Oberhaut das obere Pallisadenparenchym, aber nieder, wiederholt; die nach innen daran grenzenden Zellen derselben sind polygonal, lückenreich. Bei Encephalartos liegt über der ganzen unteren Epidermis ein deutliches Pallisadenparenchym, welches nur über den Spaltöffnungen unterbrochen ist. Dioon endlich hat deutliches Schwammparenchym.

Es erübrigt nun, das eigenthümliche Porensystem dieser Parenchymzellen zu schildern.

Zur besseren Verdeutlichung desselben ist das augenblickliche Kochen mit Kali empfehlenswerth, und wo dies nicht zum Ziele führt, darauf folgender Zusatz von Cuoxam; durch letzteres löst sich die gesammte Cellulosewand rascher auf, nur die eigenthümlichen Poren bleiben eine Zeitlang zurück in Form von kleineren oder grösseren, ei- oder kreisrunden, am Rande öfter gewulsteten Scheibchen. Diese Scheibchen sind nun (die grösseren) entweder durch Netzfasern in schmale Felder getheilt, und diese erst von feinen, nadelstichähnlichen Poren durchbohrt, oder sie tragen letztere Poren unmittelbar; dieses ist besonders bei den kleineren Scheibchen der Fall; es gibt häufig deren von solcher Kleinheit, dass sie nur 1 oder 2 dieser feinen Poren haben (Fig. 30). — Von der Seite gesehen erscheinen die Scheibchen gelblich, auffallend und eigenthümlich das Licht brechend, und, wo ein wulstiger Rand nicht vorhanden ist, oft wie aus feinen Punkten zusammengesetzt, ganz ähnlich den Seitenansichten der „Siebplatten" mancher Siebröhren (Tradescantia, vergl. die Abbildung in Hanstein's Milchsaftgefässen). Es ist mir nicht möglich gewesen, mit Sicherheit die Durchbohrung (Durchbrechung) der feinen Poren festzustellen; die gewöhnlich angewendeten färbenden Reagentien, Jod und Chlorzinkjod, haben nicht den gewünschten Erfolg; insbesondere zeigt sich letzteres ebenso unbrauchbar hier, wie es Hanstein bei der Untersuchung der Siebröhren gefunden hat.

Aus dem eben geschilderten physikalischen und chemischen Verhalten der Poren des Blattdiachyms fällt ihre ausserordentlich

nahe Verwandtschaft mit den Siebporen auf. Man kann sich auch leicht davon überzeugen, wenn man das Ansehen und Verhalten der Poren des Siebparenchyms der Gefässbündel, die leicht auf einem Schnitte zu beobachten sind, ganz gleich findet.

Durch ein derartiges Siebporensystem communiciren alle Chlorophyllzellen des Blattgewebes unter einander, so mannigfaltig deren äussere Gestalt sein mag; doch ist in Bezug auf die Häufigkeit der Poren nicht gleichgültig, welche Zellen man wählt. Im Pallisadenparenchym sind da, wo die Zellen desselben unter einander sich berühren, solche Poren selten, doch fehlen sie selbst durch die starken Verdickungen der Wände nicht (Cycas, Encephalartos Altensteinii), und man kann sich bei letzterer Gelegenheit überzeugen, dass sie der primären Wand angehören. Constant dagegen ist der untere Fuss der prismatischen Pallisadenzelle, welcher gegen das Schwamm- oder Querparenchym stösst, mit einer oder mehreren Poren besetzt. Im Quer- und Schwammparenchym sind alle Zellen an den aneinander liegenden Theilen mit grossen einzelnen, oder kleinen gehäuften Poren versehen; besonders zahlreich sind sie an den fussartig erweiterten Enden der Zellen, die an das Siebparenchym oder die Bastzellen angefügt sind.

Die einzelnen Gattungen unserer Familie bieten wenig Abwechslung in der Bildung der Poren. Cycas ist zur Erforschung derselben wenig geeignet; bei Stangeria habe ich im Chlorophyllgewebe keine Siebporen wahrgenommen; aber das ganze die Mittelrippe umgebende Gewebe ist von derselben wie besäet und hier habe ich auch mit Sicherheit die primäre Membran der Bastzellen siebporig gefunden.

Ueber das Vorkommen solcher Poren in andern Familien sei nur soviel bemerkt, dass ich bei Farnen Aehnliches gesehen habe; bei Coniferen (Podocarpus), Xylophylla, Begonia u. a. fand ich nichts dergleichen. Ein ganz eigenthümliches Porensystem findet sich aber in den Pallisadenzellen von Callistemon (rigidus, angustifolius).

Der Inhalt der Chlorophyllzellen ist ein dichter, allseitiger [1]) Wandbeleg grosskörnigen, linsenförmigen Chlorophylls, innerhalb des-

---

1) Bei Begonia umbellata tritt der merkwürdige Fall ein, dass das Pallisadenparenchym in seiner oberen Hälfte chlorophyllleer, in der unteren dicht mit Chlorophyll belegt ist, so dass die Zellen hälftenweise gleichsam an Epidermis und Diachym Theil haben. — Das Pallisadenparenchym der Cycadeen ist ein gleichartiges; bei andern Pflanzen ist es ungleichartig, bei Correa alba aus Chlorophyll und Drusen führenden Zellen, bei Camellia, Hakea u. a. aus Chlorophyll- und Steinzellen bestehend; vgl. Mohl, verm. Schr. Taf. VII, Fig. 2; Schleiden, Grundz. Fig. 84.

sen ein Zellkern und ölartige Tröpfchen gefunden wurden; Amylum habe ich zufällig nicht gesehen. Die Zellen des Querparenchyms enthalten, besonders in der Bastzellnähe, gerne eine Krystalldruse von oxalsaurem Kalk.

5. Die Gummigänge.

Die Gummigänge, in Rinde und Mark des Stammes befindlich [1]), laufen, wie es scheint, in die Spindel aller Cycadeenfiedern ein (für Stangeria war zu entscheiden kein Material vorhanden, die übrigen Gattungen besitzen in den Spindeln die Gummigänge), gelangen aber nur bei 3 Gattungen in die Fiedern selbst: bei Dioon und Encephalartos (Fig. 16), dort den Nerven opponirt und überlagert, im Gegensatz zu den unterlagernden Cupressineenharzgängen (Thomas a. a. O. S. 52), hier mit denselben abwechselnd [2]), ähnlich wie bei den mehrnervigen Coniferen (Dammara, Araucaria, Salisburnia, a. a. O. S. 53) und bei Stangeria. Bei Ceratozamia habe ich ausnahmsweise einen Gummigang, in die Basis der Fieder eingetreten, verschwinden sehen. Ihre Endigung kann an der Spitze entweder blind oder durch Vereinigung mit den benachbarten geschehen.

Den Bau betreffend, hat Mohl mit Recht gegen Brongniart vertheidigt, dass dieselben nicht als einfache Intercellulargänge betrachtet werden dürften, da sie „von einer einfachen Reihe sehr dünnwandiger, verlängerter Zellen, welche als Aussonderungsorgan des Gummi zu betrachten sind, umgeben werden" (a. a. O. S. 202). Ebenso hat Meyen (a. a. O. S. 24, Taf. III, Fig. 10) ganz richtig in deren Umgebung quergestreckte Zellen angegeben, sie jedoch mit Unrecht für die auskleidenden Zellen erklärt. In der That liegt die Sache so, dass gewöhnlich ein zweireihiger Kreis farbloser Zellen den Gang umgibt; der äussere derselben, manchmal unvollständig und von Chlorophyllzellen durchbrochen, besteht aus den von Meyen abgebildeten, querlängeren, mässig dünnwandigen, porösen Zellen, der innere, wie das Epithel solcher Gänge überhaupt, aus längsgestreckten, dünnwandigen, nach innen bauchig vortretenden, wie die vorigen mit feinkörnigem Inhalt und Kern versehenen Zellen (Fig. 32 u. 33).

---

1) Miquel, Linnaea, XVIII. 1844 S. 130 u. 132, Taf. V, Fig. A, a* und B, a. — Mohl, Verm. Schr. S. 202. — Meyen, Secretionsorgane S. 23 f. — Brongniart, Ann. d. scienc. nat. XVI. Pl. 20, Fig. 1, e; 2, e; 4, E. — Schleiden, Grundz. Fig. 44.

2) Mettenius a. a. O. S. 580, Anm.

Ausnahmsweise kann man auch quergestreckte Zellen einmal als Auskleidung finden, meist jedoch dann nur stellenweise. — Ganz Aehnliches gilt von den Harzgängen der Coniferenblätter (Thomas a. a. O. S. 48); bei denen des Holzes habe ich keine quergestreckten äusseren Zellen gefunden, sondern längsgestreckte, dickwandige, poröse (Würzb. Nat. Zeitschr. V, 161); diese fehlen auch bei den Harzgängen des Eppichs und den Milchsaftgängen von Rhus typhinum.

Es war nach den Untersuchungen Hanstein's (Milchsaftgefässe S. 22 f.) nicht überflüssig, bei diesen Behältern nach einer auskleidenden Membran noch einmal zu suchen. Ich habe aber weder bei diesen, noch bei Hedera und Rhus, noch selbst an ganz jungen Harzgängen von Pinus sylvestris etwas dergleichen gesehen.

Die Entstehung der Gummigänge habe ich bei den Cycadeen nicht verfolgen können, dagegen ihre Anlegung bei Hedera und Pinus Douglasii Hort. beobachtet. Im Cambialgewebe der genannten Pflanzen bemerkt man 3 oder 4, durch ihre ansehnlichere Grösse etwas ausgezeichnete Zellen, die zwischen sich einen drei- oder viereckigen, bald grösseren bald kleineren Raum lassen, von winziger Kleinheit bis zum Durchmesser einer Zelle selbst; gegen diesen sind die Wandungen der Zellen aufgetrieben. Es schien mir aber nicht, dass dieser Raum durch Resorption einer Zelle entstanden sei, obwohl eine Umwandlung von Zellgewebe in Gummi nach einer Beobachtung Meyen's (Pflanzenpathologie S. 235) vorkommen kann.

Von dem Gummi selbst kann ich nur angeben, dass es in Jod und Chlorzinkjod keine wesentliche Färbung annimmt, und in Weingeist flockig niederfällt (mikrochemisch).

6. Die Gefässbündel.

So leicht auch die makroskopische Bestimmung des Nervenverlaufs erscheinen mag: die Erfahrung lehrt, dass darin wiederholt gefehlt worden ist. Für die Cycadeen hat Bornemann (a. a. O. S. 40) die Angaben Endlicher's in Bezug auf Zamia, und Thomas (a. a. O. S. 38) die von Miquel wegen Cycas berichtigt.

Bornemann's Zeichnungen (a. a. O. Taf. X u. S. 39) des Nervenverlaufs der Cycadeenfiedern sind richtig. Zweierlei ist zu bemerken: Wenn von Stangeria ein Hauptnerv angegeben wird, so muss dieses makroskopisch genommen und beachtet werden, dass dieser Nerv aus 6—8 Gefässbündeln, in einem markähnlichen Gewebe eingebettet, besteht. Ferner ist die Angabe, dass die Nerven von Dioon,

Cerato- und Macrozamia „in dem verdickten Rand ohne äusserliches Merkmal verschwinden", so zu nehmen, dass der je äusserste Nerv, bei der Verschmälerung des Blattes, dem Rande und seinem innern Nachbarn nahe gekommen, mit letzterem verschmilzt, und dieser seinerseits weiter oben dasselbe thut, so dass ein durch Verschmelzung der äusseren Nerven hervorgegangener, dem verdickten Rand in einiger Entfernung parallel laufender, in demselben aber nirgends verschwindender Randnerv entsteht.

Cycas und Stangeria besitzen einen halbstielrund vortretenden Mittelnerven; bei ersterer ist er durchlaufend, bei letzterer taeniopterisartig in dichotome, dem Rand sich anlegende Seitennerven getheilt, an der Spitze ausstrahlend. Die übrigen Gattungen haben parallele Nerven; rein parallele Dioon, die andern in dem unteren Spreitenviertheil dichotomirende, bogige.

Ueber den Ursprung der Fiedernerven kann ich von Cycas angeben, dass die Nerven je dreier übereinander liegender Pinnen die Aeste eines Spindelnerven sind; dass bei Ceratozamia, und wie mir schien auch bei Dioon, sämmtliche Parallelnerven einer Fieder fast wagrechte Abzweigungen eines in die Fieder laufenden Spindelnerven sind.

Die Endungen derselben sind bei den ein- und parallelnervigen (zum Theil) Blättern blind, an der Spitze (Cycas), oder an den Zähnen (Zamia); bei anderen parallelnervigen laufen die wenigen an der Spitze noch vorhandenen bogig zusammen. Für Stangeria wird das nähere Verhalten unten bemerkt. Freie, nur aus Spiralfaserzellen bestehende Endigungen, wie sie Hanstein bei netznervigen Blättern angibt, habe ich bei solchen auch gesehen (Vinca, Nerium, Berberis); bei unserer Familie fehlen freie Endigungen; in den Phyllocladien von Ruscus racemosus sind die parallelen Hauptnerven durch secundäre Quernerven verbunden und aus diesen gehen freie Enden ab.

Bau des Gefässbündels. Vergleicht man den Querschnitt eines Fiedergefässbündels der Cycadeen mit dem einer Pflanze aus der anderen gymnospermen Familie der Coniferen, so findet man auffallende Structurunterschiede. Bei letzterer (z. B. bei Podocarpus macrophylla) ist es wesentlich dasselbe wie im Stamme: es folgen sich von oben nach unten Markscheidezellen, Holzzellen, Cambium und Bast, bei andern Coniferen tritt noch eine Schutzscheide hinzu (Thomas a. a. O. S. 45).

Anders bei den Cycadeen: Auch hier wird das ganze, gewöhnlich kreisrunde Bündel von einer ein-, stellenweise zweireihigen Schicht

nach innen einseitig verdickter und gedrängt poröser, rundlich-prismatischer Zellen, nicht immer, und wie es scheint auch nicht constant, umgeben von einer Schutzscheide. Innerhalb derselben (von unten nach oben) ein Kreis oder Halbkreis Gitterzellen, das sichelförmige Cambiform (einfache Leitzellen Caspary), nach innen concav, ein- bis zweizellige in die Blattbreite gestellte Bündelchen sehr enger poröser oder getüpfelter Zellen (die letzten Reste des centrifugalen Holzkörpers, nach Mettenius), davon getrennt durch dünnwandiges Cambiform ein gewöhnlich halbmondförmiger, in seiner Mitte gegen das Innere mit engen Spiralfaserzellen vorspringender Complex weiter, sehr langer, treppenförmiger Faserzellen (die nach Mettenius in centripetaler Richtung wachsen) — eine Anordnung, welche dem monocotyledonen Gefässbündel näher steht als dem dicotyledonen. — So bei Cycas revoluta L.[1]). — Bei Dioon fehlt in den Fiedern, wie Mettenius auch angibt (a. a. O. S. 580), der centrifugale, aus Tüpfelzellen bestehende Theil gänzlich, eine Schutzscheide ebenfalls, wofür ein unterer, freilich unterbrochener, Bastzellen-Halbkreis eintritt. — Bei Encephalartos, Zamia und Ceratozamia fand ich den centrifugalen Theil noch vor; was, im Vergleich mit Mettenius' Angaben, eine Schwankung dieser Verhältnisse anzudeuten scheint. — Zum Theil sind hier die Bastzellen ausserordentlich schwach entwickelt, besonders bei den Zamien.

Elemente des Gefässbündels. Bekanntlich ist durch Mettenius (a. a. O. S. 382—386) die erste Anregung zu einer vergleichenden Structurlehre der Elementartheile des Gefässbündels gegeben worden; bald darauf hat Caspary sein reiches, reformirendes Material veröffentlicht (Monatsber. d. Berl. Acad. 10. Juli 1862 S. 449—483) und gezeigt, dass zwischen Gefäss- und Zellleitbündeln zu unterscheiden sei, und dass beide in verschiedenen Familien und in derselben Pflanze in verschiedenen Organen zu wechseln pflegten[2]). Un-

---

1) Die hier gegebene Darstellung weicht von der, welche Mettenius a. a. O. S. 578—79 gibt, darin ab, dass ich an Stelle des (unteren) Basthalbzirkels einen Kreis Schutzscheidezellen beschreibe. — Ich habe mich vergeblich bemüht, auf vielfachen Schnitten Bastzellen zu sehen; es wird mir aber wahrscheinlich, dass beide Bildungen, einander ersetzend, vorkommen können, da sich hin und wieder Bastzellen in die Schutzscheide gestreut fanden.

2) Caspary hat Wurzel, Stamm und Laubblatt der verschiedensten Familien untersucht. Uebrig blieb noch, die modificirten Blattorgane der Blüthe und Frucht einer Untersuchung zu unterziehen. — Ich theile hier anmerkungsweise die Ergebnisse meiner vor Jahresfrist darüber ausgeführten Untersuchungen mit, woraus erhellt, dass in den Blüthentheilen in der weitaus grössten Mehrzahl „Zellleitbündel" vorhan-

sere Familie gehört, wie die Gymnospermen überhaupt (über die Coniferen vgl. Mettenius a. a. O. S. 582; Caspary a. a. O. S. 449; Thomas a. a. O. S. 43) zu den Familien mit Zellleitbündeln.

---

den sind. Für diejenigen, welche vielleicht Abweichungen von meinen Angaben finden sollten, sei bemerkt, dass ich bei wiederholter Untersuchung von Pflanzenblättern aus Caspary's Register manchmal ebenfalls abweichende Resultate erhalten habe, aber daraus nur den Schluss ziehen zu dürfen geglaubt habe, dass die „innere Morphologie" der Pflanzen in denselben gesetzmässigen, aber schwankenden Bahnen sich bewegt wie die „äussere".

a) **Dicotyledonen.**

1. Kelch, Krone und Staubfaden enthalten Zellen: Papaver somniferum, Chelidonium majus, Anagallis arvensis, Spergula arvensis, Geranium Robertianum, Capsella bursa pastoris, Campanula rotundifolia, Fragaria vesca, Potentilla argentea, Reseda odorata, Veronica agrestis, Lepigonum medium Wahlenb., Vinca minor (auch der Griffel), Tropaeolum majus, Pelargonium sp., Solanum pseudocapsicum, Linaria vulgaris (bei beiden letztern auch der Griffel), Knautia arvensis (Hüllkelch Gefässe), Centranthus angustifolius, Polygala vulgaris, Calluna vulgaris (bei beiden auch der Griffel), Stellaria uliginosa, Drosera rotundifolia, Balsamine hortensis, Ligustrum vulgare, Viola odorata, Saxifraga granulata.

2. Perigon und Staubfaden nur Zellen: Delphinium paniculatum Host. (Bracteen Gefässe), Sanguisorba officinalis, Cornus sanguinea, Aethusa Cynapium, Daurus Carota, Mercurialis annua, Polygonum Persicaria (hier auch der Griffel), Chenopodium Henricus bonus, Euphorbia Peplus, Urtica dioica, Elaeagnus hortensis, Calendula officinalis, Bellis perennis (auch der Griffel, Hüllkelch Gefässe).

3. Kelch Gefässe, Krone und Staubfaden Zellen enthaltend: Erythraea Centaurium, Stachys arvensis, Teucrium Scorodonia, Borrago officinalis, Hypericum perforatum, Clematis integrifolia, Gleditschia triacanthos.

4. Kelch und Krone Gefässe, Staubfaden Zellen enthaltend: Hesperis matronalis, Cheiranthus annuus, Cucubalus inflatus, Plantago lanceolata, Viola tricolor, Nicotiana Tabacum, Cucurbita Pepo, Fuchsia coccinea, Erica Pluckenetii, Orobus albus, Orobus Lathyroides.

5. Gefässe in allen Theilen: Althaea rosea (an der Spitze der Theile auch Zellen).

b) **Monocotyledonen.**

In allen Blüthentheilen Zellen: Hordeum vulgare, Avena sativa (beide in Wurzel und Halm Gefässe), Allium ursinum, Ixia, Orchis militaris (in allen Organen Zellen), Canna.

Die Zellen der aufgeführten Pflanzen sind ausnahmslos Spiral- und Ringfaserzellen, abrollbar, sehr fein und lang, mit den Enden nebeneinander; seltener kurz und stumpf, aufeinander sitzend; letzteres besonders gern in den Anastomosen der Gefässbündel und an der Spitze derselben (Reseda!). Verästelte Spiralfaserzellen sind sehr häufig, beispielsweise bei: Viola tricolor und odorata, Papaver somniferum, Spergula arvensis, Veronica agrestis. — vgl. Annal. d. scienc. nat. II S. T. I, 202 Anm. Pl. 7 und II S. T. VI, Pl. 1, Fig. 2; Pl. 2, Fig. 1.

Die Gefässe sind Spiralgefässe oder poröse: Kelch von Erythraea, Silene inflata, Potentilla argentea, Plantago lanceolata; Krone von Cheiranthus annuus.

Alle Elemente, Spiral-, Ringfaser-, poröse, Treppen- und Tüpfelbildungen sind langgestreckte, spitz ausgezogen nebeneinander, seltener abgestumpft aufeinander sitzende Zellen; Gefässe habe ich nirgends gesehen. — Ueber die Lagerung derselben ist oben das Allgemeine gesagt, das Specielle unten zu bringen.

Markgewebe. Bei Stangeria und Cycas ist bekanntlich der Mittelnerv mehrweniger halbstielrund vorspringend; dies ist nicht etwa durch bedeutendere Stärke der darin liegenden Gefässbündel bedingt, sondern durch einen zwischen die normalen Schichten des Blattes (Schwamm- und Pallisadenparenchym) eingeschobenen Strang markähnlichen Gewebes, in welchen die Gefässbündel eingebettet sind.

Bei Cycas besteht dies Gewebe aus hexagonalen, in die Richtung der Achse gestellten, querabgeschnittenen Prismenzellen, deren bald mehr bald weniger verdickte Wand (Cycas revoluta und inermis einer-, Ruminiana und circinalis andererseits) mit grossen ei- oder kreisrunden Poren besetzt ist, meist von solcher Grösse und Gedrängtheit, dass die Zellen ein netzfaseriges Ansehen erhalten. Die dickeren Stellen sind verholzt, die dünneren ziemlich reine Cellulose. — Seitwärts geht dies Gewebe, wie man am Grunde der Fieder sehr schön beobachten kann, ganz allmählig in ein zur Blattlänge quergestell-

---

Leitbündel ohne verdickte Elemente, nur aus „einfachen Leitzellen“ bestehend: Staubfaden von Erythraea, Ajuga reptans, Elaeagnus hortensis, Grevillea, Scleranthus annuus.

In den untersuchten Früchten fanden sich Zellleitbündel: Im Fruchtfleisch von Sambucus nigra, Rhamnus Frangula, Rubus fruticosus, Cornus sanguinea, Prunus spinosa, Vaccinium Vitis idaea, Ampelopsis hederacea; aber Viburnum Lantana, Symphoricarpus racemosus, Vitis vinifera (Treppenzellen!) besitzen auch hin und wieder Gefässe.

In der Schale von Spiraea Ulmaria, Taraxacum officinale, Hypericum calycinum, Aquilegia vulgaris, Evonymus europaeus.

Gefässleitbündel finden sich im Fruchtfleisch von Lycopersicon cerasiforme, Pyrus Malus, in der Achäne von Clematis graveolens, in der Kapselwand von Zanthoxylon fraxineum.

Den von Mettenius (S. 583 f.) und Caspary (S. 450) angegebenen Gefässkryptogamen kann ich als Zellleitbündel besitzende beifügen: Blechnum spicant, Aspidium Filix femina, Polypodium vulgare, Osmunda regalis (im Rhizom sehr häufig verästelte Treppenzellen), Asplenium Ruta muraria, Asplenium Trichomanes, Woodsia hyperborea; Lycopodium clavatum, complanatum, Selago, inundatum. So in Nebenwurzel, Rhizom, Wedel.

Merkwürdig ist, dass Pteris aquilina in allen Theilen leiterförmig durchbrochene Treppengefässe besitzt; wogegen Pteris flabellata und tremula (wenigstens im Wedel) Zellen haben.

tes über, welches aus langen, gewöhnlich rundlich vierseitigen, an den Enden mehr oder weniger hammer- oder kopfartig angeschwollenen Zellen besteht (Fig. 7). Auf Ober- und Unterseite sind sie reihenweise mit schiefgestellten ovalen oder spaltenartigen Poren besetzt; vor- und rückwärts bleiben grosse Luftlücken, betreffs welcher ganz das beim Querparenchym des Chlorophyllgewebes Gesagte zu wiederholen ist. — Nach oben geht dies Gewebe schroff oder allmählig in das Chlorophyllgewebe über, ist aber fast stets chlorophyllleer, mit wässerigem Inhalt. Das chemische Verhalten ist dem der Markzellen gleich.

Ich glaube nicht, dass diese Zellen mit den chlorophyllführenden Zellen identificirt werden dürfen, wie Thomas gethan; einmal wegen des mangelnden Chlorophyllgehaltes, dann wegen ihres Ursprungs aus dem Markgewebe; sie scheinen fast dazu bestimmt zu sein, die fehlenden Secundärnerven zu ersetzen.

Der Markstrang von Stangeria hat dieselbe Form und besteht aus gleichgestalteten Zellen, wie bei Cycas. Doch ist sein Porensystem siebähnlich und fehlt die flügelartig ausgebreitete Quermodification.

Bei beiden Gattungen laufen in diesen Strängen lange Bastzellen dem Gefässbündel parallel. In ihrem feineren Bau den Hypodermzellen gleich, übertreffen sie dieselben an Länge um das Mehrfache und sind bei Cycas oft mit 20 und mehr Fächern versehen. Ihre Länge, das Aneinanderlegen ihrer Enden, ihr Inhalt, der eigenthümliche Ansatz der Chlorophyllzellen an dieselben bei anderen Gattungen scheint sie als „leitende“ Elemente zu charakterisiren.

Cycas L.

Untersucht wurden Cycas revoluta L., inermis Lour., circinalis L., Ruminiana.

Der einfach gefiederte Wedel trägt sehr zahlreiche, lineare, ganzrandige Fiedern, die nach oben zugespitzt, oft stachelspitzig, an der Basis etwas zusammengezogen sind und, mit einer schmal-elliptischen Schwiele unten herablaufend, in einer Rinne der Spindel festsitzen. Ihr einziger, kräftiger Mittelnerv liegt auf der glänzenden Oberseite vertieft, und springt hier wie auf der matten Unterseite gewöhnlich halbstielrund vor.

Im Innern der Fieder liegt zwischen der charakteristischen, nur unterseits mit Stomaten versehenen Epidermis, entweder ein Hypoderm, oder es folgt sogleich ein einreihiges, gegen Basis, Spitze und

Rand unkenntlich werdendes Pallisadenparenchym, unterseits ein ähnlich gebautes, lückenreiches Schwammparenchym. Zwischen beide letztgenannte Gewebe ist der Mittelnerv in einem markähnlichen Gewebe eingeschlossen; dieses sendet beiderseits, flügelartig, ein eigenthümlich construirtes Querparenchym (Fig. 11). Man kann mit Miquel (a. a. O. S. 6) die Arten dieser Gattung in zwei Abtheilungen stellen, deren jede auch im anatomischen Bau des Blattes harmonirt.

1) Cycasarten mit schmäleren, am Rande eingerollten steifen Fiedern (Cycas revoluta und inermis), complicirteren Baues: dicke Cuticula und Cuticularschicht, ein zusammenhängendes oberes Hypoderm, dickwandiges Parenchym — wesentliche Factoren der Steifigkeit der Pinnen. — Complicirterer Bau der Spaltöffnungen (Fig. 3—6, 11).

2) Cycasarten mit breiteren, laxen, planen Fiedern (Cycas circinalis, Ruminiana) — einfacheren Baues: dünnere Cuticula und Cuticularlage; Hypoderm nur an Rand, Spitze und Basis; dünnwandiges Parenchym — einfacherer Spaltöffnungsbau.

Die Epidermis der Oberseite besteht in der ersten Gruppe aus 3—6eckigen, gewöhnlich 4eckig rhomboidischen Zellen, deren Längsdurchmesser meist in die Quere des Blattes gestellt ist (Bornemann a. a. O. Taf. XI, Fig. 3). In der zweiten Gruppe sind die Zellen öfter ebenso, rechteckig, mit rasch wechselnder Stellung des grossen Durchmessers (a. a. O. Taf. XI, Fig. 5 von C. glauca). Beiden gemeinsam sind die gegen die Cuticula gerichteten Poren, die, gern dem Zellrand entlang laufend, queroval, mit grösserem Durchmesser in der Zellquere sind. Bei der zweiten Gruppe sind die Poren wesentlich grösser. — Fig. 1, 2 und 10.

Ueber den Nerven sind die Zellen von der Form der Spindelepidermiszellen, weniger deutlich am Rande; scharf ausgesprochen findet eine ansehnliche Streckung der Zellen nach der Richtung des Nerven nur in der zweiten Gruppe statt, wo die Poren zugleich grösser werden und fast die ganze Zellbreite einnehmen.

Die untere Epidermis ist beim ersten Typus mehr isodiametrisch (Bornemann Taf. XI, Fig. 4), 4—6eckig; die nach aussen gerichteten Poren spärlicher und kleiner, die äussere Wand etwas dicker als in der Oberseite.

Um die Spaltöffnungen sind sie, 10—12 an der Zahl, von oben gesehen isodiametrisch-polygonal, kleiner, im Querschnitt aber schief nach oben zapfenartig ausgezogen, und bilden so einen Kegel, der

von der Spaltöffnung kraterähnlich durchbrochen wird [1]). Bornemann bildet a. a. O. Taf. XI, Fig. 5 die Spaltöffnungshöhlen nicht genau, oder von der Unterseite ab; auch ist seine Angabe, dass der Spaltöffnungswall nur von einer gestreiften Cuticula gebildet werde (a. a. O. S. 34 u. 42) nicht richtig, wie schon aus den Abbildungen Mohl's (Verm. Schr. Taf. VII, Fig. 12) und Schacht's (Anat. u. Phys. I, Taf. IV, Fig. 5) hervorgeht. Nur von Cuticula gebildete Wälle kommen sonst vor (Rhopala Pohlii); vgl. Mohl a. a. O.

Im zweiten Typus ist die untere Epidermis von der oberen kaum verschieden, doch auch hier dem Isodiametrischen näher, je näher die Zellen den Spaltöffnungen liegen. Die letztere umgebenden Zellen sind concentrisch geordnet, etwas gebogen, nach der Spaltöffnung hin aber nicht zapfenartig verlängert, sondern nur wenig vorgezogen, ohne einen Wall zu bilden. Die Spaltöffnung ist grösser als bei den vorigen, oval oder stumpf breitrechteckig.

Beiden gemeinsam liegen die Spaltöffnungen (Fig. 4—6) nicht unmittelbar unter der Epidermis; dazwischen ist eine Schicht dünnwandiger Zellen eingeschaltet, die, gegen die Athemhöhle weiter vorgeschoben, bei der Hinwegnahme der Epidermiszellen über jeder Spaltöffnungszelle zu 3—4 gesehen werden. Die letzteren selbst sind halbmondförmig von oben und im Längsschnitt gesehen, im Querschnitt oval, an den beiden Enden emporgezogen und dreieckig. Die obere Wand verdickt und verholzt [2]).

Unter der Epidermis der Oberseite liegt in der ersten Gruppe eine einreihige, über und unter dem Nerven, an Rand und Basis 2 bis 3reihige Blattrinde (Hypoderm); bei der zweiten Gruppe nur an den letztgenannten Stellen.

Die Zellen derselben sind bastähnlich, mit starken, fein geschichteten Secundärablagerungen und durch Tochterzellbildungen in 4—9 Fächer abgetheilt. Diese fachbildende Tertiärmembran besitzt die bereits oben erwähnten Eigenschaften.

Das Chlorophyllgewebe ist bei den beiden Gruppen differenzirt in ein grosses und kleines Pallisadenparenchym, letzteres an Stelle des sonst vorkommenden Schwammparenchyms.

Ersteres besteht aus polygonalen, nach unten verschmälerten

1) Diese Löcher sieht man bei guter Beleuchtung schon mit einer scharfen Lupe; die Ansicht Meyen's, dass diese „Wärzchen" nicht durchbrochen seien (Phytotomie S. 107) verdient kaum noch der Erwähnung.

2) Die Ansicht Schacht's, dass die Spaltöffnungszellen „wohl niemals verholzen" (Anat. u. Phys. I, 278), bestätigt sich demnach nicht.

Säulen, die mit ihren oberen platten Enden an die Blattrinde stossen, unter einander durch Intercellularräume getrennt sind, die nach unten hin sich erweitern und mit dem Intercellularnetz des Blattes anastomosiren. Die verschmälerten Enden sitzen unmittelbar oder durch kurze Zellen verbunden an dem Querparenchym an.

Das kurze (untere) Pallisadenparenchym, von der halben Höhe des oberen, ausserdem aber desselben Baues, ist durch ein ein- oder zweireihiges Gewebe unregelmässiger Zellen an das Querparenchym geknüpft.

Der Unterschied im Chlorophyllgewebe beider Gruppen liegt darin, dass in der ersten die Zellen in jeder Längskante eine dreiseitig prismatische Verdickungsmasse besitzen, die nach unten an Stärke abnimmt und hier sich allmählig verliert, gegen oben plötzlich absetzt; in der zweiten dagegen die Zellen ohne solche Verdickungsmassen sind.

Ueber das Gefässbündel, das Mark- und Quergewebe ist den obigen Auseinandersetzungen nur Weniges beizufügen.

Das Markgewebe ist selbstverständlich unten am stärksten entwickelt und nimmt nach oben an Stärke stetig ab; an der Basis entwickelt es allmählig das mit der Blattbreite erstarkende Querparenchym. Dies verschwindet an der Spitze und am Rand in das aus dem Pallisaden- und Schwammparenchym dort hervorgehende indifferente Gewebe. — Der Unterschied in den beiden Artengruppen ist gering und fast ausschliesslich in der geringeren Dickwandigkeit der Zellen der zweiten Gruppe gelegen.

Die Schutzscheidezellen enthalten meist grosse, klinorhombische Säulen von oxalsaurem Kalk (vergl. Holzner, Flora 1864 S. 289, Taf. II, Fig. 5, 9, 10 u. 11), ohne jedoch gefächert zu sein [1]).

Die Cambiformzellen sind durch ihre bedeutende Länge ausgezeichnet. — Die übrigen Elemente bieten nichts Bemerkenswerthes.

Encephalartos Lehm.

Besitzt einfach gefiederte Wedel mit sehr dicken, steifen, lanzettförmigen, zugespitzt stachelspitzigen, ganzrandigen oder beiderseits scharfdornigen, oder endlich einerseits dornig-gelappten Fiedern. Die Nerven parallel; die in den Lappen eintretenden sind Abzweigungen des Hauptnerven, ihre Undeutlichkeit wird durch das sehr dicke Hypoderm verursacht.

Auf die eigenthümliche Epidermis folgt ein 2—3schichtiges bast-

1) Solche hat Caspary nachgewiesen. Pringsh., Jahrb. IV, Taf. IX, Fig. 13.

ähnliches, unten in den Spaltöffnungsbahnen anders gebautes, einreihiges Hypoderm; das dünnwandige Chlorophyllgewebe ist in ein Pallisaden- und Schwammparenchym differenzirt; in ihm die meist schutzscheidelosen Gefässbündel, mit Gummigängen abwechselnd (Fig. 16).

Die Form der Epidermiszellen ist bei allen untersuchten Arten (E. Lehmanni Eckl., longifolius Lehm., horridus Lehm., Altensteinii Lehm.) gleich, 3—4eckig, die Vierecke gewöhnlich Rhomboide mit schiefer Stellung gegen die Längsachse des Blattes. Die Dicke der äusseren Zellwand ist mässig; äussere Porenkanäle fehlen, seitliche sind vorhanden. Der Inhalt ist feinkörnig, manchmal öltropfenähnlich. — Am Rande werden die Zellen dickwandiger, kleiner.

Die Epidermis der Unterseite ist in den Gefässbündelbahnen der oberen gleich, aber etwas dickwandiger und die Zellen gerne rhomboidisch. — Die Epidermiszellen der Spaltöffnungsbahnen etwas dickwandiger, mehr isodiametrisch, polygonal, oder etwas gestreckt. Die umgebenden Zellen der Spaltöffnungen sind gewöhnlich 4, etwas concentrisch geordnet; die Spaltöffnung selbst ist oval-rundlich, durch die leichten Einziehungen zwischen je 2 Zellen etwas wellig begrenzt.

Die Cuticula der Zellen ist nicht so stark, als die mächtige Cuticularlage — vgl. Fig. 12—14.

Die Spaltöffnungszellen sind der gewöhnlichen Form und unter die Epidermis selbst gelagert (nur an der Basis tiefer gelegen, vgl. Fig. 15); Bornemann's Abbildung (Taf. XII, Fig. 15) gibt die Spaltöffnungszellen nicht gut wieder.

Vom Hypoderm, welches für gewöhnlich aus den bastzellähnlichen, gefächerten Fasern besteht, sei das in den Spaltöffnungsbahnen gelegene als dünnwandiger, vier-vieleckig, isodiametrisch erwähnt; wo eine Zelle etwas gestreckt ist, wird sie septirt.

Vom Pallisadenparenchym der übrigen, welches unverdickt ist, unterscheidet sich das von E. Altensteinii durch leistenartige Verdickungen.

Das Gefässbündel von E. Lehmanni hat eine Schutzscheide, welche bei den übrigen Arten nicht gesehen wurde.

Stangeria paradoxa Th. Moore.

Die Fiedern sind opponirt, länglich-lanzettförmig, an der Basis zusammengezogen, an der Spitze gezähnt; eine kräftige Mittelrippe sendet beiderseits bogig, fast unter rechtem Winkel, Gabelnerven, die, schief verlaufend, an den umgekrämpten Knorpelrand anlegen;

oben strahlt sie radienartig aus. Abbildung bei Bornemann a. a. O. Taf. X, Fig. 15 u. 16.

Die farnkrautähnliche Epidermis umschliesst ein kaum differenzirtes, dünnwandiges Chlorophyllgewebe; in einem siebporigen markähnlichen Gewebe laufen Gummigänge und 6—8 Gefässbündel — mit ihm die Mittelrippe darstellend. Die gabeligen Secundärnerven legen mit den letzten Bastzellen an das Randhypoderm an (Fig. 28—29).

Epidermis. Vor allen übrigen der Cycadeen ausgezeichnet durch geschlängelte Wandcontouren (von oben gesehen). Die Form und Grösse der Zelle ist etwa der von Cycas nahe, im Allgemeinen 3—4eckig, unter- und oberseits ziemlich gleich. Aenderungen derselben treten ein: Ueber dem Haupt- und Seitennerven, über letzteren nur eine mässige Streckung der Zelle in der Richtung derselben, über ersterem stärkere Streckung zu prosenchymatischen Zellen und Ausgleichung der Schlängelung der Wände (oben und unten). Der Uebergang zu dieser Form geschieht in der Vertiefung zwischen der Blattfläche und dem erhabenen Nerven ziemlich rasch, so dass oft die nervwärts gelegene Wand einer Zelle bedeutend geringere Schlängelung zeigt als die randwärts gelegene; — am Rand, wo die Zellen eine mehr rechteckige, kurze, ungeschlängelte Gestalt annehmen; — in der unmittelbaren Spaltöffnungsnähe, worüber unten.

Die Schlängelung der Wandcontour erstreckt sich nicht auf die ganze Tiefe der senkrecht (zur Blattfläche) stehenden Seite in derselben Intensität, sondern gleicht sich nach unten mehrweniger aus; daher erscheinen die Zellen von unten gesehen sanft- und grosswellig oder gerad-contourirt. Ein Aehnliches ist für die Spaltöffnungszellen der Equiseten von Sanio gefunden worden (Linnaea, Bd. XXIX, S. 392).

Diese Buchten der Zellwände sind schon in der primären Membran angelegt, werden aber mit jeder folgenden Membranschicht vergrössert, dadurch, dass sich dieselbe nicht gleich dick, sondern über jedem einspringenden Winkel sichelförmig anlagert. Sichtbar zu machen durch quellende Medien: Kali, Schwefelsäure, Chromsäure, Cuoxam. Letzteres färbt (an mazerirtem Material) die Zellwände blau, die primäre Membran bräunlich. Diese sichelförmigen Verdickungen sind als ungleiche Anlagerungen in einer continuirlichen Membran zu betrachten, wie man sich durch obige Reagentien leicht überzeugen kann. Man kann auch durch Chromsäure oder nach der Methode von Kabsch (Pringsh., Jahrb. III, 381—384) die innerste Membran isoliren.

Die Spaltöffnungen, nur unterseits gelegen, sind umgeben von einer oder zwei Reihen sehr dünnwandiger, geradbegrenzter, drusenführender Zellen. Häufig sind dieselben von einer feinen Membran septirt und führen jederseits eine Krystalldruse. Naheliegende Spaltöffnungen werden oft durch einen Zug solcher Zellen verbunden. Die Spaltöffnungszellen selbst bilden, von der Fläche gesehen, eine elliptische, an den Polen gestutzte oder etwas eingekerbte Gesammtfigur; ihre Oeffnung ist ein richtungsloses Ellipsoid; die Gestalt der Einzelzelle die bekannte halbmondförmige; die obere Wand gewölbt, schmal, nach innen zu bauchig vortretend, verdickt und verholzt; eine feine radiäre Streifung wird bei tieferer Einstellung sichtbar und schwindet durch Kochen mit Kali nicht. Der äussere Theil der oberen Wand ist dünnwandig, läuft schräg abwärts, an die dünnwandigen Nachbarzellen angeschlossen oder von ihnen etwas gedeckt. Er rundet sich allmählig in die untere, dünne Wand ab. — Im Längsschnitt erscheint die Zelle ebenfalls halbmondförmig, die beiden Enden wie abgeschnitten und spitz aufwärts gezogen.

Die Cuticula der Epidermis ist mässig und zeigt kräftige Streifen, der Zelllänge nach zu 1 oder 2, seltener mehr, parallel laufend über die Zellgrenzen hinweg. Auf der Oberseite und in der Bahn des Hauptnerven sind sie besonders stark entwickelt. Auf die Basis der Haarnarben laufen dieselben radiär zu, wie dies auch sonst der Fall ist (vgl. Fig. 29). Im Querschnitt überzeugt man sich von ihrer Entstehung durch Falten.

Das Hypoderm findet sich nur an der Basis der Fieder, im Laufe von Haupt- und Nebennerven, ein-, selten zweireihig; am knorpeligen Rande zwei- bis dreireihig; stets fehlend in der Umgebung der Spaltöffnungen.

Die Zellen desselben sind bastähnlich, stark verdickt, mit deutlichen Schichten; die Enden spitz neben-, oder stumpf aufeinander sitzend; alle ungefächert. Von den Bastzellen der Rippe unterscheiden sie sich wesentlich durch ihre geringere Grösse (manchmal nur den sechsten bis achten Theil derselben betragend).

Das Chlorophyllgewebe besteht aus dünnwandigen, kaum differenzirtes Gewebe bildenden Zellen; sie lösen sich in Cuoxam gleichmässig, Siebporen fand ich nicht. Um die Bastzellen und das Siebparenchym der Gefässbündel legen sie sich mit erweiterten, platten Enden an; auch hier habe ich die Siebporen vermisst.

Gefässbündel. Die Mittelrippe („costa valida“ Miquel, „Hauptnerv“ Bornemann) ist nur äusserlich eine Einheit; für die innere

Untersuchung zerfällt sie in einen Complex von 6—8 neben einander liegender Nerven (Gefässbündel), die in eine gemeinschaftliche Zellhülle mit zerstreuten Bastfasern und Gummigängen eingelagert sind [1]). — Die Secundärnerven habe ich zu 10 als Aeste eines einzigen Mitten-Gefässbündels gefunden.

Hülle der Gefässbündel. Von einer eigenthümlich gebauten, auf der Unterseite der Fieder der Spaltöffnungen nicht entbehrenden Epidermis und einem ein-, seltener zweischichtigen Hypoderm bedeckt, besteht diese Hülle aus kurzgestreckten, polygonal-prismatischen, ziemlich dünnwandigen Elementen, die dreieckige Intercellularräume umschliessen. Zerstreut darin finden sich sehr lange (bei 10 Mm. Länge zeigten viele noch nicht ihre Enden) Bastzellen, gegen aussen gewöhnlich gedrängter liegend und fast zu einem Ringe zusammenschliessend.

Ueber den Bau dieser Elemente zeigt Cuoxam Folgendes:

Die Parenchymzellen insgesammt, namentlich aber die engeren, den (isolirten) Bastzellen unmittelbar anliegenden, die das Gefässbündel umgebenden und den Epidermiszellen nahen, zeigen beim Aufquellen sehr schöne, kleine, bald runde, bald ovale, zerstreute oder gruppirte Poren mit feinen, nadelstichähnlichen Punkten. Die Bastzellen zeigen die merkwürdige, von Schacht schon längst beschriebene [2]) und von Nägeli jüngst erst gedeutete [3]) Quellungserscheinung: alle Schichten färben sich blau, verbreitern sich, das Zellvolum schwillt; man unterscheidet eine dünne primäre, zartgeschichtete dicke secundäre, und eine unmessbar feine, öfter spiralig-gerillte tertiäre Membran, den „Innenschlauch" umschliessend. In dem Maasse, als die äussere Membran quillt, treten an ihr deutlicher hervor spiralige Zeichnungen, von dem Aussehen, als ob ein ungleich breites Spiralband aus ihr geschnitten wäre: es sind nicht-aufquellende Partien derselben. Die breiten, dazwischen liegenden Streifen lösen sich, durch die drängenden Secundärschichten gesprengt, ab, und schlagen sich

---

1) Es unterscheidet sich dadurch Stangeria wesentlich von Angiopteris (Teysmanniana Miq.), die mit ihr die Secundärnervatur gleich hat; hier sind die secundären Nerven alle Abzweigungen eines (im Querschnitt) hufeisenförmigen Mittelnerven. Polybotrya (Meyeriana) hat dagegen wie Stangeria einen vielbündeligen Mittelnerv. — Bei den Acrostichumarten (Lechleri, hybridum) findet sich Aehnliches; die Mittelrippe läuft aber vor der Spitze nicht radienartig aus, sondern bleibt einfach.

2) Zelle S. 214—21; Taf. IX, Fig. 10—11, 13—15. — Lehrbuch der Anat. u. Phys. I, 252 u. 261, Taf. V, Fig. 1—2.

3) Sitzungsber. d. kgl. bayr. Acad. d. Wiss. zu München 1864, II, Heft II, 151—167, Taf. III, Fig. 47—59.

zurück. Häufig, aber nicht immer, sieht man daran feine Siebporen, die alten Communicationen der jugendlichen Bastzelle gegen das Parenchym. Nach und nach verfallen die Schichten von aussen nach innen der Lösung.

In dem ebenbeschriebenen Gewebe liegen die Gefässbündel der Mittelrippe in einem nach unten convexen Bogen. Das einzelne Bündel ist rund, umgeben von einem oder zwei Kreisen engerer Siebparenchymzellen, in welche sich hin und wieder kurze Bastzellen einlegen. Der obere (centripetale) halbmond- oder sichelförmige Theil besteht aus weiteren, sehr langen, im Querschnitt polygonalen, vom Blattrand her gedrückt erscheinenden Zellen, mit Treppen- und Tüpfelbildungen. In ihrer Mitte, gegen unten, liegen einige enge, abrollbare Spiralfaserzellen. Von ihnen durch langgestreckte Leitzellen (Cambiformzellen Nägeli) getrennt der centrifugale, untere Holztheil, bestehend aus abrollbaren Spiral- und Ringfaserzellen, die manchmal gruppirt sind. Alle Theile verlieren im weiteren Laufe an Grösse und Zahl; der centrifugale Theil schwindet zuerst (vgl. Mettenius a. a. O. S. 580). Die letzten Endigungen am Blattrande sind kurze, stumpfe Spiralfaserzellen, über welche hinaus die letzten Bastfaserzellen an die Randhypodermzellen sich anlegen.

Die Gummigänge liegen im Allgemeinen mit den Gefässbündeln der Rippe abwechselnd, treten seitlich nicht aus; ihre Auskleidung sind die bekannten schmalen, zartwandigen Zellen; eine zweite Schicht breiter Zellen fehlt.

Ceratozamia Brongn.

Fiedern, lanzett- bis breitlanzettförmig, an der Basis zusammengezogen und gegliedert, oben in eine Stachelspitze ausgezogen, fest, lederartig, von zahlreichen am Grunde dichotomirenden, ausserdem parallelen Nerven durchzogen, die sämmtlich Aeste eines einzigen Spindelnerven sind.

Die ausserordentlich feste, aus prosenchymatischen Zellen gebildete Epidermis umschliesst beiderseitig ein niederes, rippig verdicktes Pallisadenparenchym; in der Mitte liegen, vom Querparenchym gehalten, die Gefässbündel und isolirte Bastzellen. — An Basis und Rand Hypoderm.

Die Epidermiszellen (Fig. 17, 18, 19, 20) sind ausgezeichnet durch ihre prosenchymatische Form: öfter bis zum Verschwinden des Lumens, immer aber stark und allseitig gleich verdickte, meist mit spitzen Enden zwischen einander geschobene Zellen — dazwischen zu

Faserform zusammengelagerte kurze, rhomboidische Zellen — oberseits; unterseits zeigen nur die Spaltöffnungsbahnen eine Abweichung, so, dass die Zellen um die Hälfte und mehr kürzer, oft fast isodiametrisch werden, und in der unmittelbaren Spaltöffnungsnähe zu 4 bis 6 concentrisch gelagert, eine rundlich-ovale, in der Blattlänge oder etwas schief dazu stehende Oeffnung lassend.

So bei Ceratozamia longifolia Miq., mexicana Brongn. und robusta Miq. — Bei Ceratozamia Küsteriana Rgl. sind die Zellen dünnwandiger, gefächert, die kurzen länger als bei den vorigen, zu 4 die Spaltöffnung umgebend, von denen 2 halbmondförmig gekrümmt zu beiden Seiten, 2 mit spitzen Enden zwischen diese eingeschoben an den Polen der Spaltöffnungszellen liegen.

Die Spaltöffnungszellen haben die gewöhnliche Form und sind scheinbar durch eine eingeschobene Zellreihe von der Epidermis getrennt. (Fig. 20.) — Ueber das Pallisaden- und Querparenchym ist oben das Nöthige angegeben; insbesondere über letzteres gilt alles allgemein Gesagte.

G e f ä s s b ü n d e l. Es ist schutzscheidelos, aber von einem Kreis wechselnder Bast- und Siebparenchymzellen umgeben. Innerhalb dieses mehrere Reihen Siebzellen, an welche auf der Oberseite ein halbrundes Bündel Treppenzellen anschliesst. An dessen innerer Seite, in der Mitte, einige enge Spiralfaserzellen, und durch Cambiform getrennt einige Bündelchen Spiral- und Netzfaserzellen (letztere sehr kurz). Der untere Theil wird von Cambiform eingenommen.

Die isolirten Bastzellen erreichen die bedeutende Länge von 10 bis 20 Mm. und mehr, und sind gefächert.

D i o o n Lindl.

Die Fiedern sind sehr steif, an der Basis am breitesten und hinter die vorhergehende herablaufend, nach oben allmählich spitz, dornig. Die Nerven parallel, zahlreich (zu 11—15), auf der Unterseite sichtbar, enden auf die angegebene Weise.

Eine der Gattung charakteristische, in den unteren Spaltöffnungsbahnen ganz anders gebaute Epidermis ist oberseits von einem zusammenhängenden mehrschichtigen, unten den Gefässbündeln opponirtes Hypoderm unterlagert. Dazwischen das in Pallisaden- und Schwammparenchym wohl differenzirte Chlorophyllgewebe, in welchem die schutzscheidelosen Gefässbündel mit ihren überlagernden Gummigängen und isolirte Bastzellen laufen. (Fig. 21, 22, 23.)

Von den drei untersuchten Arten Dioon edule, aculeatum und

angustifolium unterscheiden sich die beiden letzteren von der ersten durch dünnwandige, fast gleichartige Epidermiszellen, dünnwandiges Parenchym, überhaupt grössere Dünnwandigkeit der Elemente.

Die Epidermis (Fig. 21—22) stimmt, wie Bornemann angibt (a. a. O. S. 45), am meisten mit Ceratozamia. Diese Uebereinstimmung liegt aber nur darin, dass beide eine ungleichartige Epidermis besitzen (vergl. oben): dickwandige Faserzellen, und weniger dicke, kurze, 3—4eckige zu Fasern zusammengestellte Zellen. Während aber bei Ceratozamia die Faserzellen an Zahl weit überwiegen über die in der Richtung der Blattlänge wohl 2—3mal länger als breiten kurzen Zellen, so ist bei Dioon die Epidermis aus einer Mehrzahl kurzer, fast quadratischer Zellen zusammengesetzt, die nur selten und in der Regel nur in den unterseitigen Gefässbündelbahnen mit gestreckten dickwandigen Zellen wechseln. Die von Bornemann Taf. XII, Fig. 13 gegebene Abbildung halte ich nach Vergleich einer grossen Zahl von Schnitten aus allen Blattregionen nicht für normal. — Die Zellen der Oberseite und ein Theil der der Gefässbündelbahnen der Unterseite sind 3—4eckig, immer so gelagert, dass sie (6—8) zu einer Faser vereinigt gedacht werden können. Ein Versuch, sie als Tochterzellen einer Faser nachzuweisen, wofür die Dünnwandigkeit der Querwände spricht, ist nicht gelungen, was eigentlich nicht auffallend sein kann, da die äusseren Membranen der Epidermiszellen in Cuticula übergehen. Die längsgestellten Wände dieser kurzen Zellen sind sämmtlich etwas gebogen. — Eine hin und wieder dünnwandig gebliebene Zelle führt eine Krystalldruse.

In den Reihen der Spaltöffnungen sind die Zellen alle dickwandig, fast isodiametrisch, polygonal oder rundlich; auffallend ist ihre bedeutendere Höhe gegenüber den Zellen der Gefässbündelbahnen (das Doppelte und mehr).

Um die richtungslosen, vier- oder vieleckigen Spaltöffnungen liegen etwa 6—8 kleinere, etwas in die Höhe gewölbte Zellen, unter denen senkrecht 2—3 ebenfalls dickwandige Zellen liegen, eine flaschenförmige, äussere Athemhöhle bildend. An diese schliessen sich die nach oben dickwandigen wie sonst gestalteten Spaltöffnungszellen. — Die oberen der zwischen Spaltöffnungszellen und Epidermis gelegenen Zellen sind gewöhnlich stark verdickt, epidermiszellähnlich, und können wohl als eingeschlagene Epidermis betrachtet werden, während die unteren, dünnwandiger, ein Analogon der bei der Gattung Cycas vorkommenden Zwischenzellen sind.

Alle Epidermiszellen haben eine dicke, geschichtete Cuticula, eine

ansehnliche Cuticularlage und eine aus Cellulose bestehende, nach aussen stärkere, innere Membran.

Das Hypoderm ist gewöhnlich 2—3reihig, an Rand und Basis mächtiger, unter den Nerven im Allgemeinen dickwandiger, ausserordentlich schön geschichtet. Gefächert, mit Ausnahme der dickwandigeren Zellen.

Das Chlorophyllgewebe besteht oben aus langen, ansehnlichen, ziemlich weiten Pallisadenzellen, die in den Ecken, nach oben zunehmend, verdickt sind (einreihig). Sie schliessen sich an das polygonale, mit Intercellulargängen versehene Mittelgewebe, in welchem die isolirten Bastzellen und Gefässbündel liegen. Unterseits ein in den Ecken ebenfalls verdicktes Schwammparenchym; zwischen den Gefässbündeln und Bastzellen eine Art Querparenchym.

Alle Zellen mit den oben beschriebenen Poren.

Das Gefässbündel hat keine Schutzscheide; in seinem Umkreise stehen Bastzellen mit Siebparenchym abwechselnd. Innerhalb dieser mehrere Reihen, nach innen enger werdender Zellen, aus kurzen, vierseitig prismatischen Zellen bestehend, die auf den Längswänden mit einzelnen oder gruppirten Siebporen bedeckt sind; an der Oberseite poröse und Treppenzellen, die innen einige Spiralzellen zeigen. Der centrifugale Theil ist schon an der Fiederbasis gänzlich geschwunden.

Der Bau der Elemente und Gummigänge wie sonst.

Zamia L.

Untersucht wurden: Z. Skinneri Warsz., muricata Willd. mit der schmalblätterigen und behaarten Varietät, Loddigesii Miq., integrifolia Ait., Fischeri Miq., Ottonis Miq., Leiboldti, tenuis Willd. und pygmaea.

Die laxen lanzett-breitlanzettförmigen Fiedern sind an der Basis zusammengezogen und gegliedert, ganzrandig oder oben gezähnt, stumpf. Die Nerven verhalten sich wie bei Ceratozamia und laufen in die Zähne aus.

Die charakteristische, manchmal gefächerte Epidermis umschliesst, gewöhnlich ohne Hypoderm, das wenig differenzirte dünnwandige Chlorophyllgewebe, in welchem die schutzscheidelosen Gefässbündel verlaufen.

Die Epidermis (Fig. 24—26), im Wesentlichen bei allen Arten gleich, besteht aus gestreckten, an den Enden schief gestutzten, seltener prosenchymatisch zulaufenden Zellen, die sehr dünnwandig bei

Z. Ottonis und Fischeri, etwas dickwandiger bei Z. integrifolia und muricata, dickwandig bei Z. Leiboldti, Loddigesii, Skinneri und tenuis sind; bei letzterer die Zellen mitunter dickwandig und gefächert.

Die Unterseite gleicht der oberen in den Nervenbahnen; in den Spaltöffnungsreihen dagegen sind die Zellen kürzer, mehr isodiametrisch, polygonal oder 3—4eckig. Um die Spaltöffnungen selbst, welche rundlich und etwas schief gestellt sind, liegen die Zellen concentrisch in einer oder zwei Reihen, zu innerst gewöhnlich sechs, in der Anordnung von Ceratozamia. Die Spaltöffnungszellen unmittelbar unter der Epidermis. — Fig. 27.

Das Hypoderm findet sich nur an Rand und Basis bei Z. Fischeri, Ottonis, pygmaea, auch sonst bündelweise zerstreut bei Z. muricata, als zusammenhängende obere Membran bei Z. Loddigesii, tenuis, integrifolia.

Seine Zellen sind des gewöhnlichen Baues, meist gefächert.

Das Chlorophyllgewebe dünnwandig, siebporig, mit deutlichem Querparenchym.

Die Gefässbündel sind meist sehr schwach, gewöhnlich nur an der Basis reichlich von Bastzellen umgeben; isolirte Bastzellen finden sich nur bei Z. Skinneri bis in die Mitte der Fieder. — Die übrigen Verhältnisse bieten nichts Bemerkenswerthes.

Würzburg, 1. März 1865.

Erklärung der Tafeln.

Sämmtliche Bilder sind mit der Camera lucida bei gleichem Abstande und, wo nicht das Gegentheil angegeben ist, mit 230maliger Vergrösserung (Ocular 2 und Objectiv 7 von Hartnack) entworfen.

Taf. XIX.

Fig. 1. Cycas inermis Lour. Epidermiszellen der Oberseite des Blattes.

Fig. 2—6. Cycas revoluta L.

Fig. 2. Epidermis der Unterseite.

Fig. 3. Oeffnung der äusseren Athemhöhle mit umgebenden Wallzellspitzen.

Fig. 4. Die Spaltöffnungszellen nach abgetragener äusserer Athemhöhle; w die Wallzellen, schief durchschnitten; z die unter diesen liegenden, gegen die Spaltöffnungszellen (s) vorgeschobenen Zwischenzellen.

Fig. 5. Querschnitt der Spaltöffnung: a äussere, i innere Athemhöhle, e Epidermiszellen, die übrigen Bezeichnungen wie vorher.

Fig. 6. Die Spaltöffnung im Längsschnitt mit denselben Bezeichnungen. Die Zwischenzellen nicht sichtbar, weil der Schnitt durch die Mitte der Oeffnung geht, und hier die emporgewölbten Spaltöffnungszellen bis an die Epidermiszellen selbst reichen.

Fig. 7. Cycas Ruminiana. Zwei Querparenchymzellen, isolirt (a), b deren Querschnitt.

Fig. 8—9. Cycas revoluta L.

Fig. 8. Pallisadenparenchymzelle, a Längsansicht, b Ansicht von oben.

Taf. XX.

Fig. 9. Hypodermzelle, a Längsansicht, b die netzfaserigen Fachwände.

Fig. 10. Oberseite der Epidermis von Cycas Ruminiana.

Fig. 11. Querschnitt der Fieder von Cycas revoluta Lour. (60fache Vergr.)

Fig. 12—15. Encephalartos Altensteini Lehm.

Fig. 12. Oberseitige Epidermis.

Fig. 13. Unterseitige in den Gefässbündelbahnen.

Fig. 14. Unterseitige zwischen den Spaltöffnungen (s).

Fig. 15. Spaltöffnung an der Fiederbasis; die Ebene der Epidermis ist verschoben.

Taf. XXI.

Fig. 16. Querschnitt durch die Fieder von Encephalartos horridus Lehm. (60fache Vergr.)

Fig. 17—20. Ceratozamia mexicana Brongn.

Fig. 17. Epidermis der Oberseite.

Fig. 18. Dieselbe der Unterseite. s Spaltöffnung.

Fig. 19 u. 20. Erstere Quer-, letztere Längsschnitt der Spaltöffnung.

Taf. XXII.

Fig. 21—23. Dioon edule Lindl.

Fig. 21. Obere, Fig. 22 untere Epidermis.

Fig. 23. Querschnitt der Spaltöffnung.

Fig. 24—25. Zamia Skinneri Warsz. Obere und untere Epidermis.

Fig. 26—27. Zamia Fischeri Miquel. Untere Epidermis (Fig. 26) und Querschnitt der Spaltöffnung (Fig. 27).

Taf. XXIII.

Fig. 28—29. Stangeria paradoxa Th. Moore. Obere und untere Epidermis der Fieder.

Fig. 30. Das Porensystem des Chlorophyllgewebes von Encephalartos Altensteini Lehm.

Fig. 31. Chlorophyllgewebe zwischen zwei Faserzellen ausgespannt von Encephalartos Lehmanni Eckl.

Fig. 32—33. Querschnitt eines Gummiganges von Encephalartos Altensteini Lehm. (Fig. 32); Fig. 33 a eine äussere, b eine innere Zelle des Ganges in der Längsansicht.

Ueber die Entwickelung der Farnsporen.

Von

Dr. Alexander Fischer von Waldheim.

Hierzu Tafel XXIV bis XXVII.

Historisches.

Wenn unsere Blicke sich nach dem Alterthume richten, so finden wir über diese rein physiologische Frage selbstverständlich gar nichts. Wir wollen es aber doch hier nicht unerwähnt lassen, dass schon Theophrastus Eresius die Sporangienhaufen der Farnwedel kannte, jedoch keine weitere Bedeutung ihnen beilegte. Erst nach mehr denn anderthalb tausend Jahren werden die Sori als Blumen, die Sporangien als Samen bezeichnet. Von Federico Cesi[1]) an, der zuerst die Sporen selbst mit Hülfe eines Vergrösserungsglases gesehen, geht die Bezeichnung als Samen grossentheils auf letztere über. Rob. Hooke beobachtete am allerersten (nach 1660) die Sporen mit einem Compositum. Er ist es auch, der sich am frühesten über Bildung derselben in „besonderen Samenbehältern" (d. i. Sporangien) und über ihre Anzahl ausspricht[2]). Im achtzehnten Jahrhundert beobachtet Baldinger die Reifezeit der Sporen[3]) und Kölreuter den anfänglich gleichförmigen Inhalt des Sporangium, der sich später verdunkelt und in körnige Klumpen theilt[4]). Gmelin spricht über das unebene und rauhe Aussehen der äusseren Sporen-

1) Vergl. E. G. Baldinger, Dissert. de Filicum Seminum. Jenae 1770, p. 19.

2) Micrographia restaurata. Lond. 1745, p. 11.

3) l. c.

4) J. G. Koelreuter, das entdeckte Geheimniss der Cryptogamie. Carlsr. 1777, S. 92 f.

haut [1]). Doch erst in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts begegnen uns gelungenere Beobachtungen: Treviranus beschreibt, obgleich sehr undeutlich, die Sporenmutterzellen [2]). Auch hier ist es wieder H. v. Mohl, dem wir die erste deutliche Hinweisung, vor 32 Jahren, auf die Existenz von Mutterzellen und Bildung der Sporen in ihnen zu 4 verdanken [3]). Mohl theilt auch Umständlicheres über die Sporenhäute mit, obgleich seine damalige Ansicht, sowie diejenige von Bischoff [4]), über den Bau der Exine und ihrer Erhabenheiten — als aus Zellen bestehend, durch spätere Beobachtungen völlig widerlegt wurde. Mohl's Angaben über das Entstehen der Sporen zu 4 in Mutterzellen und die Abhängigkeit ihrer Form von den Theilungsrichtungen und dem gegenseitigen Druck bestätigte etwas später Meyen [5]). Zugleich suchte letzterer die Erhebungen der Exine durch eine Ablagerung von aussen zu erklären. Abgerechnet die Erwähnung eines Zellkernes der Sporen durch C. Nägeli [6]), findet sich bis 1849 über unseren Gegenstand keine bemerkenswerthe Beobachtung. In diesem Jahre bereichert H. Schacht die Wissenschaft mit einer ganz speciellen Arbeit, die bis zur gegenwärtigen Zeit noch den meisten Werth beanspruchen konnte [7]). Es gebührt Schacht auch hier manches grosse Verdienst. Die Entstehung einer ersten oder sogenannten Centralzelle im Sporangium und in ihr der Kerne; die Bildung der Sporenmutterzellen und Beobachtung letzterer ausserhalb des Sporangium; die Theilung ihres Kernes wiederholt in zwei zur Bildung der Sporen; die Wirkung von Aetzkali, Schwefelsäure und Jod auf einige Zustände des Sporangium, — dies ist es hauptsächlich, was Schacht's Beobachtungen zuerst berühren. Die beigegebenen Abbildungen tragen nicht wenig zum Werthe dieser Arbeit bei. Eine genauere Kritik zeigt jedoch auch in derselben, zum Bedauern, eine noch immer zu lückenhafte Darlegung der Entwickelung der Sporen, manche Verwechselung unnormaler Zustände

1) K. Chr. Gmelin, Consideratio generalis Filicum, Dissert. Erlang. 1784, p. XIV seq.

2) Chr. Lud. u. Gottfr. R. Treviranus, Vermischte Schriften. Brem. 1821, V. IV.

3) Einige Bemerk. über die Entw. u. den Bau der Sporen der krypt. Gew. Regensb. 1833 (Flora) u. in: Verm. Schriften. Tübing. 1845, S. 69 f.

4) Lehrb. d. allg. Botan. Stuttg. 1834 — 39. V. II, S. 110.

5) Neues Syst. der Pflanzenphysiologie, V. III, S. 396 f.

6) Schleiden u. Nägeli, Zeitschrift f. wiss. Botan., V. I, S. 58.

7) Beitrag zur Entwickelungsgeschichte des Sporang. etc. Botan. Zeitung 1849, S. 537 — 45 und 553 — 60.

mit normalen u. s. w.[1]). Mit dieser Arbeit schliessen alle bemerkenswerthen Beobachtungen über unseren Gegenstand und ich gehe somit zur Mittheilung meiner eigenen über[2]), die ich ganz selbständig, ohne irgend etwas Fremdes ihnen beizumischen, wiedergebe.

Eigene Beobachtungen.

Das Sporangium ist anfangs nur eine vergrösserte Epidermiszelle[3]). Es entsteht meistens auf der Unterfläche des Wedels[4]) in der nächsten Nähe stark ausgebildeter Gefässbündel, — aus jener einfachen Zellenschicht, welche die Epidermis bildet. An dieser Stelle, in der Nähe des Gefässbündels, sieht man die ganz kleine, noch unentwickelte Epidermiszelle sich nach aussen halbkugelig wölben, in die Länge ausdehnen, indem zugleich, nach kurzem Wachsthum, das vordere Ende merklich nach seinem Breitendurchmesser zunimmt. Die äussere Contour dieses Sporangium erscheint anfangs einfach, sehr

---

1) So z. B. sehe ich mich berechtigt, gemäss meinen Beobachtungen, die in Fig. 8, 33, 35 u. 36 (Bot. Zeit. v. 1849 Taf. VIII) angegebenen Bildungen, im Innern des Sporangium, als unnormale anzusehen; in Fig. 7 sehe ich nur Kerne und keine Zellen; die 11 Kerne aber in Fig. 6 sind gewiss nur durch schädlichen Einfluss entstandene kernartige Gebilde.

2) Ich bediente mich bei denselben zweier vorzüglichen Mikroskope neuester Construction von Ed. Hartnack in Paris und Karl Zeiss in Jena.

3) Dieses zeigten mir hauptsächlich Beobachtungen an Polypodium sporodocarpum Willd. Bei anderen Farn nahm ich weniger Rücksicht auf den Ursprung des Sporangium, da dieselben viel ungünstiger für die Beobachtung waren und dieses auch nicht meinem specielleren Zwecke entsprach. Doch so viel ich sehen konnte, drängte sich mir niemals die Ueberzeugung einer anderen Entstehung des Sporangium auf. Dass sich das Indusium ebenfalls aus Epidermiszellen bildet, beweist noch nichts dagegen, indem es an irgend einer Stelle, am häufigsten am Rande der Sori, aus einer Epidermiszelle entsteht und, durch wiederholte Theilung der letzteren wachsend, allmählich den Haufen überdeckt. Ich spreche mich auch entschieden gegen die falsche Meinung aus, dass die Sporangien sich unter dem Indusium bilden und bei ihrem Grösserwerden es allmählich heben. Meine Beobachtungen über den Ursprung des Sporangium aus einer Epidermiszelle stimmen auch vollständig mit denjenigen, die Schacht an Asplenium Petrarcae, Scolopendrium officinarum und Pteris serrulata anstellte (Bot. Zeitung von 1849 S. 557), überein.

4) Bekanntlich stehen die Sporangienhaufen bei manchen Farn auch längs des Blattrandes, z. B. bei Hymenophyllum Sm. und Trichomanes L.; sogar ausnahmsweise auch auf der oberen Fläche des Wedels, wie bei Polypodium anomalum, welches nach W. Hooker nur eine abnorme Form eines anderen Farn, des Polystichum vestitum, darstellt.

bald aber doppelt (XXIV, 1)[1]). Schon in diesen jüngsten Zuständen ist der Inhalt des Sporangium körnig: die spärlich vorhandenen Körnchen unterscheiden sich als dunkle Körperchen, die grösseren mit einem hellen Punkte, und liegen unregelmässig zerstreut in einer geringen Quantität milchig-trüber Zellflüssigkeit. Von einem Zellkern ist hier noch nichts zu sehen, obgleich ich das Sporangium oft vollständig isolirt, namentlich bei Polypodium sporodocarpum Willd. und Scolopendrium officinarum Sw., betrachten konnte. Die Sporangien anderer Farn sind in diesen Zuständen noch kleiner, ihr Inhalt körniger und darum für die Beobachtung noch ungünstiger.

Verschiedene Reagentien, als Chlorzinkjodlösung, Alkohol, Kochsalzlösung u. dergl., bewirken in diesen ersten Stadien ein Zusammenziehen des Inhalts, indem derselbe sich von der Innenwand des Sporangium ablöst und zu mehreren Klumpen, von bräunlicher Farbe, zusammenschrumpft. Schon das Wasser übrigens, in welchem das Object betrachtet wird, bewirkt dieselbe Erscheinung, nur nicht augenblicklich, sondern erst nach mehreren Minuten.

Bald erfolgt eine Theilung dieser Epidermiszelle, durch eine Querscheidewand, in zwei, mehr oder weniger gleiche Hälften, die eine Differenzirung in eine obere oder Scheitelzelle[2]) und eine untere, aus der sich später der Stiel des Sporangium hervorbildet, bewirkt (XXIV, 2, 3).

Nicht alle Farn gleichen sich in den folgenden Zuständen. Bei Polyp. sporodocarpum, welches für die Beobachtung ganz junger Sporangienzustände das günstigste mir bekannte Farnkraut ist, zeigt sich nach dem Auftreten jener Scheidewand eine Vermehrung der Körnchen im Inhalte, die an der Peripherie dichter angesammelt, auch hier und da zerstreut vorkommen (XXIV, 3 u. 4).

Unter denselben erscheinen einige hellglänzende, runde, scharf umschriebene Körperchen in sehr geringer Anzahl und gewöhnlich zu zwei gruppirt. Das grösste unter ihnen und am deutlichsten ausgeprägte sieht man ungefähr in der Mitte des Sporangium isolirt, umgeben von einem körnigen Hof, der sich ganz regelmässig rund vom durchsichtigeren, ihn umgebenden Inhalte des Sporangium abzeichnet (XXIV, 4). Das hellglänzende Körperchen hat ein sehr feinkörniges Ansehen. Ausser wenigen andern, 2, 4 dergleichen, aber kleineren Körperchen und denen der erwähnte Hof fehlt, findet man

1) Die römischen Ziffern bezeichnen überall die Nummer der Tafel, die arabischen die der Figur.

2) Unter Sporangium werden wir eigentlich nur diese Scheitelzelle verstehen.

im Sporangium, längs der Peripherie, einen feinkörnigen, wenig dichten Inhalt.

Bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung färbte sich der Hof und der körnige Inhalt bräunlich-gelb, das Körperchen glänzte noch sichtbar, bis nach wenigen Minuten alles zu Klumpen zusammenschrumpfte.

Diesen frühen Zustand, wo gewiss der erste Kern der sich erst später bildenden Sporenmutterzellen entsteht, lassen andere Farn nicht so ausgezeichnet deutlich beobachten, indem schon sogleich nach dem Auftreten der erwähnten Querscheidewand das Sporangium sich mit einer feinkörnigen, das Licht stark brechenden Masse von gelblich-grünlicher Färbung, durch sehr frühzeitiges Erscheinen von Chlorophyll, anfüllt. Als Beispiele können Aspidium Sw., Asplenium L., Pteris L., Adiantum L. u. a. dienen. Dieser Zustand findet sich auch bei Polypod. sporodoc., doch erst nachdem das Sporangium schon entwickelter ist, im Vergleiche z. B. mit Aspidium Filix mas Sw. (XXVI, 3), und ausserdem erscheint sein Inhalt farblos, selten mit einem gelblichen Anstrich. Auch Scolopendrium officin. erweist sich als viel ungünstiger, wegen der Kleinheit seiner jungen Sporangien.

Dieser alles verdeckende Inhalt hindert jedoch nicht die ersten Theilungserscheinungen, durch welche der Annulus und die Wandzellen des Sporangium entstehen, genauer kennen zu lernen[1]). Die Beobachtung dieser Erscheinungen bietet Folgendes.

Die zuerst auftretenden Theilungen (wodurch die ersten Annuluszellen entstehen) verlaufen als von der Basis des Sporangium (so wollen wir diejenige Stelle bezeichnen, wo sich die Scheitelzelle vom Stiele abgrenzt) nach oben divergirende, gerade, sehr feine, dunkle Linien. Eine jede von diesen zwei Linien bildet zur denkbaren Längsachse des Sporangium einen spitzen Winkel. Eine Querlinie, im oberen Theile des Sporangium, verbindet die Enden beider auseinandertretenden Längslinien und alle drei zusammen begrenzen gleichsam einen dreieckigen Raum (XXV, 2).

Diese Theilungen, durch welche der Annulus vorerst gebildet wird, treten auch noch anders auf und demgemäss ändern sich auch ihre Zahl, Richtung und Länge.

---

1) Bei der Beschreibung dieser Theilungserscheinungen haben wir das Sporangium in jener Lage vor uns, wo es im ausgebildeteren Zustande den Annulus am Rande vorzeigt, und zwar nur verschiedener Species aus der Familie der Polypodiaceen. Auch soll dadurch nicht der Vorgang der Theilung selbst erklärt, sondern bloss das, was die Beobachtung wahrnehmen liess, wiedergegeben werden.

Sind vier Theilungslinien vorhanden, der gewöhnlichste Fall, so dringen zwei von der Basis (wo sie gewöhnlich mit einander zusammenstossen oder sich sehr nahe stehen) nach oben, — die eine rechts, die andere links nach den Seiten des Sporangium, und ebenso ihnen entgegengesetzt, ungefähr von der Mitte des oberen Theils des Scheitels, zwei andere nach den Seitenwänden, wo sie mit den zwei ersteren sich vereinigen. Alle vier zusammen bilden dann einen Rhombus.

Kommt noch eine fünfte Theilung hinzu, so tritt sie im oberen Theil des Scheitels quer zwischen den hier zusammenstossenden und sich nach den Seitenwänden richtenden Theilungen auf. Demgemäss werden alle Theilungslinien kürzer und der Raum, den sie begrenzen, erscheint von fünfeckiger Gestalt (XXV, 1; XXVI, 4).

Sind es sechs Theilungen, die jedoch, wie auch die früheren, nicht simultan, sondern succedan auftreten, so stellen sie zusammen ein Sechseck vor, dessen Seiten nicht immer dieselbe Länge besitzen (XXV, 3; XXVI, 3).

Die erwähnten Theilungen reichen oft gleichsam nicht bis zur Sporangienwand; doch später sieht man deutlich, dass aus den zusammenstossenden Enden der Linien andere, mehr oder weniger radial, bis zu derselben vordringen, zugleich die Mutterzellen des Annulus scharf bezeichnend (XXVI, 5). Man kann sich sehr leicht die Theilungen, durch welche der Annulus gebildet wird, versinnlichen, wenn selbige an einer Kartoffelknolle oder an einem beliebigen andern sphäroidalen Körper veranschaulicht werden, indem hier jeder Theilungsstrich durch den Messerschnitt ersetzt, die abgeschnittenen Partieen, welche Theile des Annulus oder seine Mutterzellen darstellen, wegfallen und die Begrenzung des Innern zurückbleibt.

Gleichzeitig oder auch etwas später erfolgen Theilungen, im übrigen Theile der Sporangienwand, in verschiedener Richtung, durch welche die äusseren Wandzellen entstehen und die genauer auseinanderzusetzen für uns wenig Interesse hat. Ich erwähne darum nur kurz, dass dieselben gewöhnlich als dunkle, mehr oder weniger lange Linien auftreten, von der Basis in der Richtung nach oben schief verlaufend (XXVI, 1). Die Richtung, Länge, Zahl und Deutlichkeit dieser Theilungen ändern sich gar häufig. Es erscheinen oftmals statt jener schiefen anfangs nur gerade Linien, die von unten nach oben, der Längsachse des Sporangium parallel, verlaufen. Andere stehen zu diesen vertical. Die Theilungen wiederholen sich in den angegebenen Richtungen mehrmals, bis die gehörige Anzahl von Wandzellen, die jedoch sehr unconstant, gebildet ist.

Währenddem entstehen, in ziemlich gleicher Entfernung voneinander, auch einige Quertheilungen im Annulus. Gewöhnlich theilt sich erst jede Mutterzelle in zwei. Auf diese Weise bilden sich die ersten langen Zellen, die sich wiederholt der Quere nach theilen, abrunden und zuletzt diejenigen darstellen, die der ausgebildete Annulus aufweist. Gleichzeitig mit dem Wachsthum des ganzen Sporangium entwickeln sich auch diese Zellen weiter, indem sich ihre Wände abplatten, ausdehnen und verdicken, und zwar die stärksten Verdickungsschichten in der unteren, dem Innern des Sporangium angrenzenden Wand abgelagert werden, weniger stark die Seitenwände und am geringsten verdickt die äussere, freie Wand erscheint.

Der ausgebildete Annulus ist gleichsam dem Sporangium aufgesetzt (XXV, 7). Er besteht nur aus einer Reihe von Zellen. Eins seiner Enden reicht bis an den Stiel, das andere geht nur wenig über die Mitte des Sporangium hinweg. Es bleibt also ein Theil des letzteren an dieser Stelle vom Annulus entblösst, und gerade hier bilden sich in der Sporangienwand sehr schmale, der Quere nach lange und schwach verdickte Zellen. Sie entstehen wahrscheinlich dadurch, dass in einer der Mutterzellen des Annulus zahlreichere Quertheilungen auftreten und die neugebildeten Zellen eine von den übrigen verschiedene Weiterentwickelung eingehen, indem sie bedeutender in die Länge als in die Quere wachsen. Zur Zeit der Sporenreife bersten gewöhnlich eine oder mehrere dieser Zellen, vermuthlich durch den spannenden Einfluss des Annulus, bedingt durch das Trockenwerden und die bedeutendere Zusammenziehung der äusseren Zellwände des Annulus, welche viel hygroskopischer sind als die inneren.

Die Wandzellen des Sporangium werden ebenfalls, durch wiederholte Theilungen, zahlreicher. Mit dem Wachsthum des Sporangium nehmen sie eine mehr flache und polyedrische Gestalt an und verdicken ihre Wände. Die Wandzellen, sowie ihre Verdickungen und auch die Form des Sporangium an und für sich gestalten sich, je nach den Farn, sehr verschiedenartig, wodurch auch theilweise das mehr oder weniger deutliche Beobachten der Vorgänge im Innern des Sporangium bedingt wird. Um einige Beispiele zu geben, erwähne ich Polypod. sporodoc., aureum L., Scolopendr. officin. mit wenig verdickten und Adiantum, Cibotium Kaulf. mit viel stärker verdickten Wandzellen.

Wenden wir uns zu dem Inhalte der Zellen des Annulus und der Wand des Sporangium, so zeigt es sich, dass in den frühesten Zuständen in denselben ein reichliches, wenig körniges Protoplasma mit

einer geringen Quantität sehr kleinkörnigem Chlorophyll gemengt, vorhanden ist (XXVI, 5), und in einem etwas späteren Zustande in jeder Zelle deutliche, grosse, centrale Zellkerne mit Kernkörperchen erscheinen. Contrahirende Reagentien, als Alkohol, Kochsalzlösung u. s. w., wirken auf dieselben stark und schnell. Chlorzinkjodlösung färbt Inhalt und Kern bräunlich und bewirkt ein Zusammenschrumpfen derselben.

Während beim ferneren Wachsthum des Sporangium seine Zellen sich erweitern und verdicken, wird ihr Inhalt körniger und das Chlorophyll grobkörniger und intensiver gefärbt. Dieses Chlorophyll tritt bei manchen Farn so massenhaft und dicht auf, dass die Vorgänge im Innern dadurch völlig verdeckt werden, so z. B. bei Osmunda regalis L. Auf das reichlichere Auftreten des Chlorophylls hat auch die Jahreszeit einen wesentlichen Einfluss, indem bei einem und demselben Farn, z. B. bei Aspidium Filix mas, dessen Bildung verhältnissmässig viel geringer im Frühjahre, Anfangs Mai, als in späterer Zeit, Ende Mai oder im Juni, wo das Sonnenlicht seinen stärksten Einfluss auf die Chlorophyllerzeugung ausübt und diese Zeit darum ungünstiger für die Beobachtung ist.

Was die Wirkung verschiedener Reagentien auf die Zellen des Annulus und der Sporangienwand, in verschiedenen Entwickelungsstadien, anbelangt, so ist zu erwähnen, dass durch dieselben, unter anderem, auch die Theilungserscheinungen, gerade in sehr jungen Zuständen des Sporangium, viel deutlicher hervortreten.

Schon in jenem Stadium, wo der Annulus bloss durch feine Linien vor dem Beobachter sich differenzirt, bewirken, unter anderen, Chlorzinkjodlösung, Alkohol, Kochsalzlösung eine völlige Abgrenzung des Annulus vom Sporangium, und später, wo in ihm durch Quertheilung Zellen entstanden, ebenfalls der Wandzellen, auch letzterer von einander, indem der Zellinhalt sammt der Hautschicht sich zusammenzieht und selbst die äussere Zellmembran, bei stärkerer Einwirkung der Reagentien, sich von der Nachbarzelle ablöst und faltig wird. Chlorzinkjodlösung zeigte keine deutliche Reaction auf Zellstoff, ebenfalls Jod und Schwefelsäure. Nach längerer Zeit bewirkten dieselben eine schmutzig-braune Färbung des Zellinhaltes. Die Zellwände müssen also in diesen jungen Zuständen entweder einen Zellstoff enthalten, der die bekannte Reaction nicht darbietet, oder dieselbe entzieht sich der Beobachtung durch ihr unmerkliches Auftreten. Hingegen wenn die Zellen des Sporangium sich stärker verdickt hatten, trat jedesmal erst eine gelbliche, dann violette und zuletzt bläu-

liche, durch Jod und Schwefelsäure stärker hervortretende, ziemlich intensive Färbung, wie der primären Membran, so auch der Verdickungsschichten ein.

Verdünnte Aetzkalilösung färbt das Sporangium, in welchem schon Sporen liegen, hochgelb ins Grünliche spielend. Durch Hinzufügen von Jod verbleicht die gelbe Färbung; das Chlorophyll tritt deutlicher hervor, indem es sich in Häufchen, mehr zur Mitte der Zellen, ansammelt. Die frühere gelbe Färbung wird allmählich blässer und verschwindet gänzlich: das Sporangium erscheint farblos und durchsichtig überall, wo nicht der körnige Inhalt und das sehr deutlich gewordene Chlorophyll die Durchsichtigkeit beeinträchtigen. Die Zellwände, sammt den Verdickungsschichten, treten jetzt sehr schön und markirt hervor. Das aus dem Sporangium herausgedrückte Protoplasma nahm, nach einigen Minuten, eine rosa-violette Färbung an. — Ganz reife Sporangien werden durch Aetzkali goldgelb. Nur die stärker verdickten Zellwände des Annulus, sowie auch einige der Wandzellen, erhalten eine granatrothe bis braunrothe Färbung. Eine Hinzusetzung von Jod bewirkt hier ebenfalls eine Entfärbung des ganzen Sporangium, selbst die rothgefärbten Zellwände erscheinen kaum noch fahlgelb. Der noch spärlich vorhandene körnige Inhalt der Sporangienzellen zieht sich zur Mitte zusammen. — Werden reife Sporangien mit einer unverdünnten Aetzkalilösung behandelt, so platzen sie schon nach wenigen Secunden und entleeren die Sporen. Dabei dehnt sich der Annulus ganz gerade seiner Länge nach aus, zieht sich aber, nachdem ein Theil der Sporen herausgetreten, wieder zur früheren Bogenkrümmung ziemlich rasch zusammen, doch nicht in allen Sporangien gleichmässig stark, was offenbar von seiner Elasticität abhängt, die aber selbst wieder im Zusammenhange mit dem Grade seiner Entwickelung steht.

Englische Schwefelsäure macht das reifere Sporangium meistens an dem Orte, wo sich die schmalen Zellen befinden, zerplatzen. Der Riss geht quer durch die Wandung des Sporangium, noch weiter als diese Zellen reichen, sogar bis zu dem Annulus. Das Protoplasma, wo es noch in den Zellen vorhanden, färbt sich bei Hinzufügung von Jod rosenroth ins Violette spielend. Bei stärkerer Einwirkung der Schwefelsäure lösen sich jedoch sehr bald alle Zellen des Sporangium auf. Nur die Cuticula, die seinen äusseren Ueberzug ausmacht, bleibt unaufgelöst und hebt sich als stark aufgequollene, homogene, strohgelb gefärbte Haut ab, den aufgelösten Rest des Sporangium überdeckend.

Chromsäure bewirkt eine orange Färbung des ganzen Sporangium, die bald in eine blutrothe übergeht. Zugleich verschwimmen die Zellencontouren. Nach kurzer Zeit löst sich das ganze Sporangium sammt der Cuticula auf.

Kohlensaures Ammoniak wirkt auch hier in den ersten Augenblicken, aber nur im verdünnten Zustande, auf eine für die Beobachtung des Innern günstige Weise: der Inhalt der Sporenzellen wird anscheinend durchsichtiger, die Zellencontouren deutlicher. Doch bald vergeht diese Wirkung: das Protoplasma zieht sich zusammen (dies und folgendes geschieht sogleich bei Anwendung einer unverdünnten Lösung), färbt sich gelblich-grün, ebenfalls der Kern, der früher kaum sichtbar war. Diese Wirkung kann also das Vorhandensein geringer Quantitäten von Protoplasma verdeutlichen. Auch das Chlorophyll tritt schärfer hervor. Nach einiger Zeit werden die Zellcontouren undeutlich und der Inhalt nimmt eine bräunliche Färbung an. Auf ganz junge Sporangien wirkt das kohlensaure Ammoniak noch viel stärker und rascher.

Ueber den Stiel Umständlicheres mitzutheilen, würde für unseren Zweck ohne Bedeutung sein. Ich gebe darum nur an, dass er aus der unteren Hälfte der in zwei getheilten Epidermiszelle entsteht, indem anfangs in ihr durch wiederholte Quertheilungen eine Anzahl von Zellen gebildet werden, die, sich vergrössernd, den Stiel verlängern. Ein körniger Inhalt und grobkörniges Chlorophyll, ebenfalls grosse Zellkerne mit Kernkörperchen lassen sich schon sehr frühzeitig in ihnen wahrnehmen. Ehe diese Zellen bedeutender entwickelt, erfolgen in jeder von ihnen Längstheilungen, wodurch gewöhnlich zwei Reihen von Zellen, nicht selten auch mehr, entstehen. Die fernere Entwickelung der Stielzellen, sowie die Wirkung verschiedener Reagentien auf dieselben zeigen in vielen Beziehungen Aehnliches wie die Zellen der Sporangienwand, was mich überhebt in weitere Erörterungen einzugehen.

Kehren wir zu dem Inhalte des Innern des Sporangium zurück.

Nachdem ein Zellkern daselbst entstanden, bildet sich um ihn herum eine Zellmembran, — es erscheint eine Zelle. Dass anfangs nur ein Kern in einer Zelle eingeschlossen im Innern des Sporangium sich vorfindet, selbst zuerst der freie Kern von keiner Zellmembran umgeben, beweisen einige Fälle, die ich beobachtete. So bei Polypod. sporodocarpum sieht man im Sporangium öfters nur einen Kern (XXIV, 4), dann in andern Sporangien nur eine Zelle mit einem Kern (XXIV, 5). Diese Zustände waren durch keine für die Beobachtung

ungünstigen Umstände undeutlich gemacht, sondern liessen sich sehr vollkommen betrachten. Doch die ausserordentliche Zartheit und Durchsichtigkeit derselben hätten mich über eine richtige Deutung noch zweifeln lassen, wenn ich nicht dieselben Zustände, aber noch ausgeprägter, bei Aspid. Filix mas gesehen, wo ich in einigen Fällen nur einen Kern, in andern eine Zelle mit einem Kern im Innern des Sporangium vorfand. Der freie Kern lag in einem ganz jungen Sporangium, in welchem erst nur eine Differenzirung in Scheitel- und Stielzelle stattgefunden hatte (XXVI, 2). Er besass eine äusserst feine, aber doch scharfe Contour und ein deutliches Kernkörperchen von mittelmässiger Grösse: sonst schien sein Inhalt aus einer homogenen Flüssigkeit mit kaum wahrnehmbaren, spärlichen Körnchen und einer geringen Quantität Chlorophyll zu bestehen. Letzteres lag hauptsächlich der Hautschicht, die sich von der Sporangienwand durch Einwirkung des Wassers abgelöst hatte, an.

Diejenigen Fälle, wo eine Zelle mit einem Kerne vorhanden, liessen sich am besten bei Anwendung von Gummi, statt des Wassers, beobachten. Da erschien aber auch, bei Aspid. Filix mas, im Innern eines noch jungen, jedoch schon mit einem Annulus versehenen Sporangium, eine Zelle nebst Kern und Kernkörperchen ungemein deutlich und scharf gezeichnet (XXVI, 6). Der Kern war wandständig, körnig und mit einer ausgeprägten Contour. Die Zelle erschien beinahe sogleich von länglicher Gestalt, wahrscheinlich durch den eingetretenen endosmotischen Process, und zart contourirt. Ihr körniger Inhalt löste sich von der Zellwand etwas ab und contourirte sich ebenfalls. Zwischen Zelle und Sporangienwand erschien noch ein bedeutender heller Raum. Durch Endosmose wirkte auch der Gummischleim verändernd, doch nicht so rasch als das Wasser, ein: die Zellmembran dehnte sich aus, der Inhalt contrahirte und contourirte sich stärker, gleichfalls der Kern. Nach einiger Zeit wurden sie unsichtbar.

Solcher günstiger Fälle wird man seltener gewahr. Gewöhnlich hat man Zustände vor Augen, wo durch den körnigen Inhalt des Sporangium gleichsam eine runde, etwas mattglänzende Zelle hindurchscheint; doch mit Gewissheit lässt sich ihre Existenz hier nicht annehmen (XXV, 1; XXVI, 3, 4, 5).

Um die frühesten Zustände normal zu sehen, gehört nicht nur die Auswahl eines günstigen Farns, sondern auch dass man die Sporangien frischer Exemplare sogleich untersucht. Aber auch dann noch wirkt wieder das Wasser oft sehr schnell, nach einigen Secunden,

verändernd ein und ruft Erscheinungen hervor, die sonst gar nicht existirten. Schon das blosse Liegenlassen des abgeschnittenen Wedels bewirkt seinerseits, auch bei den günstigsten Farn, als Polypod. sporod. oder Aspid. Filix mas, nach kurzer Zeit (nach 1—2 Stunden) Veränderungen in jungen Sporangien. Es treten dann unnormale Ansammlungen von Protoplasma ein, oder es bilden sich sogar kleine, glänzende, runde kernartige Körperchen u. s. w. Dergleichen Erscheinungen sind gar nicht selten und können auch durch die Einwirkung des Wassers allein hervorgerufen werden, wobei noch zuerst der Inhalt sich zusammenzieht. Reagentien wirken auf diese jungen Zustände, auch in sehr schwachen Lösungen, sehr stark und liefern keine brauchbaren Ergebnisse.

Der fernere Entwickelungsgang besteht darin, dass eine Theilung des Kernes in zwei (XXIV, 6) und sogleich darauf, bei einigen Farn, der Zelle selbst erfolgt, wie dies Fälle bei Pteris crenulata (XXV, 3) und auch bei Aspid. Filix mas (XXVI, 8, 9), aber nur selten, zeigten. Die Theilungslinie des Kerns, sowie der Zelle ist meistens zur ideellen Längsachse des Sporangium perpendicular (XXIV, 6, 7; XXVI, 8); selten ist sie derselben parallel (XXV, 3; XXVI, 9). Die Zellmembran der in zwei getheilten Zelle ist in diesem Stadium noch so zart und permeabel, der endosmotische Austausch zwischen Zellinhalt und Wasser oder einer andern zur Untersuchung geeigneteren Flüssigkeit, als Gummi, Albumin, Amniosflüssigkeit, so stark und rasch, dass man sich nur dann einen richtigen Begriff vom Innern des Sporangium verschaffen kann, wenn das Sporangium sogleich nach dem Lospräpariren beobachtet wird. Doch auch dann, nach wenigen Secunden, hat man gewöhnlich einen Zustand vor Augen, wo die Zellmembran beträchtlich ausgedehnt, dadurch der Zellinhalt noch undeutlicher geworden und nur noch die zwei, durch Theilung entstandenen, etwas körnigen Kerne, die beinahe aneinander stossen, durch die neue Zellscheidewand getrennt, sehr gut zu sehen sind. Nach wenigen Augenblicken hat die Ausdehnung der in zwei getheilten Zelle ihr Maximum erreicht und die Membran platzt, fällt zusammen und entschwindet den Augen des Beobachters. Die nun zwei freien Zellkerne verändern sich durchs ungünstige Beobachtungsmedium ebenfalls, indem sie einen gelben, glänzenden Schein erhalten und ihr körniges Ansehen verlieren.

In diesem Zustande besitzt grossentheils das Sporangium schon Quertheilungen im Annulus und Wandzellen. In seinem Innern bemerkt man nur die sich theilende Zelle mit zwei Kernen in Zellflüs-

sigkeit eingebettet und ausserdem, besonders in einem etwas späteren Stadium, körniges Protoplasma, meistens dichter an der Peripherie.

Die durch Theilung entstandenen zwei Kerne zeigen jeder ein Kernkörperchen (XXVI, 9) und vergrössern sich schnell. Der Inhalt der neuentstandenen zwei Zellen ist sehr feinkörnig und scheint hauptsächlich aus einer das Licht wenig brechenden Flüssigkeit zu bestehen. In wenigen Fällen konnte ich noch die nächsten Zustände solcher Sporangien verfolgen. Diese zwei Zellen, noch immer aneinander liegend, theilten sich übers Kreuz in zwei. Ob hier die Theilung der Kerne voranging oder zu gleicher Zeit mit derjenigen der Zellen stattfand, gelang mir nicht zu beobachten; doch ist ohne Zweifel dieser Theilungsprocess vom ersteren nicht verschieden. Die vier neuentstandenen Kerne, sowie die Zellen, zeigten keinen besonderen Unterschied von den zwei ersten; bloss ihre Dimensionen, namentlich der Kerne, waren beinahe zur Hälfte verkleinert (XXVI, 10).

Jedoch häufiger, selbst manchmal bei Aspid. Filix mas, verhindert die Beobachtung der frühesten Zustände die in den Wandzellen sich anhäufende Protoplasmamasse, welcher überdies nicht selten feinkörniges Chlorophyll beigemischt ist. Bei andern Farn, z. B. Scolopendr. officin., ist dieses nicht der Fall, das Innere lässt sich ungehindert beobachten; doch sind die Dimensionen des Sporangium, in diesen Zuständen, an und für sich so klein und sein Inhalt so milchigtrübe, dass man ebenfalls keinen Aufschluss über die ersten Kern- und Zellbildungen erhält.

Dieselben sind noch am deutlichsten bei Aspid. Filix mas wahrzunehmen. Hier beobachtet man nicht selten im Innern des Sporangium eine scharf begrenzte Zelle mit körnigem Protoplasma, in welcher, als weitere Zustände, 4 Kerne liegen und selbst einer oder der andere von ihnen wieder schon in Theilung begriffen ist. In diesem Zustande ist augenscheinlich die erste, noch unvollständig getheilte Zelle vorhanden. Das Protoplasma hat ein grobkörniges, hellglänzendes, selten etwas gelbliches Ansehen. Die in demselben eingebetteten 4 Zellkerne erscheinen, in 4 paarweise entgegengesetzten Partieen der Zelle, körnig, glänzend, deutlich vom Protoplasma abgegrenzt, von rundlicher oder etwas unregelmässiger länglicher Gestalt (XXVI, 11). Kernkörperchen sind nicht unterscheidbar. Oefters theilt sich einer oder der andere Kern schon wieder, indem sie dann eine längliche Form annehmen und die Theilung selbst durch einen dünnen, dunklen Querstrich angedeutet ist. Auch liegen manchmal die beiden abgetheilten Hälften nur noch nebeneinander. Wahrscheinlich haben sich

zu dieser Zeit schon ausserordentlich zarte Zellmembranen um die Kerne gebildet, welche jedoch das grobkörnige Protoplasma unkenntlich macht. Denn in der That beobachtet man in andern Fällen, bei Vorhandensein von 4 Kernen, deutliche Theilungserscheinungen der ganzen Protoplasmamasse in vier, wo von der Peripherie nach ihrer Mitte zu, zwischen die Kerne, Scheidewände dringen (XXVI, 12).

Die Theilung der Zelle beginnt also entweder nach vollendeter Theilung des Kerns in zwei; so bei Polypod. sporodoc. und aureum, Pteris crenulata (XXV, 3), sehr selten auch bei Aspid. Filix mas (XXVI, 9). In diesem Falle ist das Plasma spärlich vertreten, man merkt kaum im Zellinhalte etwas Körniges; die Zelle selbst nimmt begierig, durch Endosmose, die Flüssigkeit, in der das Sporangium liegt, auf und gleicht mehr einem durchsichtigen Bläschen mit sehr matter und feiner Contour; die Zellkerne sind hingegen scharf gezeichnet. Oder es können durch Theilung auch schon 4 Kerne vorhanden sein, ohne deutliche Theilung des Zellinhaltes, wie dies am ausgeprägtesten bei Aspid. Filix mas gewöhnlich zu sehen ist (XXVI, 11).

Wollen wir uns die ersten Zustände noch einmal in Kürze, ohne Rücksicht auf Gattungen und Arten, verdeutlichen und alsdann an selbige die darauf folgenden anknüpfen. In der Scheitelzelle des Sporangium entsteht, ohne Zweifel auf dem Wege der freien Zellenbildung, ein Kern, dann um ihn eine Membran, somit erst eine Zelle. Der Kern dieser Zelle theilt sich zuerst in zwei, worauf sich die Zelle selbst theilen kann, alsdann aber einen noch ganz flüssigen, kaum körnigen Inhalt (ganz so wie die erste Zelle) aufweist; oder die in zwei getheilten Kerne theilen sich nochmals, die Zelle ist noch ungetheilt. Die Kerne vergrössern sich schnell und bedeutend. Das Protoplasma wird unterdessen dichtkörniger; die Wand dieser ersten Zelle, in der nun 4 Kerne, contourirt sich deutlicher und stärker. Es erscheinen darauf Theilungen im Protoplasma in Gestalt von 4 Scheidewänden, welche von 4 entgegengesetzten Seiten an der Peripherie beginnend, zwischen je 2 Kerne hindurchgehen. Ehe die Theilungen vollständig gesonderte Zellen bilden, theilt sich einer oder der andere Kern schon wieder in zwei. Indem die Protoplasmamasse vollständig durch die genannten Scheidewände zertheilt wird, runden sich die Ecken der abgetheilten Partien, durch Zusammenziehen der Zellmembran an einer Stelle und Ausdehnen an einer anderen, ab, — es entstehen rundliche Zellen.

Es erfolgt darauf neue Bildung von Scheidewänden in denjenigen

von den 4 Partieen, in welchen die Kerne sich von neuem getheilt. Doch theilen sich die Kerne immer früher als die Zellen, in denen sie liegen. Dadurch wird auch die Anwesenheit einer grösseren Anzahl Kerne: 6, 8 und selbst noch mehr, in der noch undeutlich getheilten Protoplasmamasse erklärlich. Jedenfalls übersteigt anfangs die Zahl der Kerne diejenige der entstehenden Scheidewände.

Die Membran der ersten Zelle verschwindet, nachdem sich aus ihrem Inhalte 2 oder 4 neue Zellen gebildet. Letztere liegen im Sporangium ebenso frei wie die erste; doch füllen sie es vollständiger aus und hängen noch mit einander zusammen. Nachdem alle Theilungen und die Bildung der Zellen vollendet, ist dieser Zusammenhang sehr lose, was durch die Resorption der Mutterzellwände bedingt wird.

Die sich wiederholenden Kerntheilungen und Zellbildungen lassen sich nicht in allen Fällen genau verfolgen. Doch können diese Vorgänge, auf Grund vielfach wiederholter Beobachtungen, in folgenden Hauptzügen dargestellt werden. Nachdem sich zuerst 4 Kerne gebildet und diese sich wieder in zwei getheilt (XXVI, 13, 14), erfolgt eine neue Theilung der 8 Kerne, aber in einer ihrer äusseren Fläche parallelen Richtung. Dadurch bilden sich zwei Schichten von Kernen und somit später auch von Zellen, indem während der Kerntheilungen, wie oben angedeutet, auch Zellwände entstehen. Die Theilungen schreiten also bis zur Zahl 16 fort, wenigstens in den meisten Fällen bei den von mir untersuchten Farn. Während dieser fortdauernden Theilungen und Zellbildungen hängt der ganze Complex von Kernen, schon ausgebildeteren und sich wieder theilenden Zellen mit körnigem Protoplasma im Sporangium zusammen. Nach beendigter Theilung der Kerne und des Zellenprotoplasma haben wir jene Mutterzellen vor uns, in denen unmittelbar die Sporen entstehen.

Zweifelhaft bleibt es, ob alle auf die soeben erwähnte Weise gebildeten Kerne später einzeln jeder für sich in eine Zellmembran eingeschlossen wird; oder ob etliche als freie Kerne zurückbleiben und dann diejenigen vorstellen, die man manchmal, anscheinend im Innern des Sporangium, ausserhalb ausgebildeter Zellen liegen sieht. Doch können diese scheinbar freien Kerne auch noch anderswie entstehen. Nämlich während der Beobachtung, sobald das Präparat ins Wasser gelegt wird, erfolgt sogleich ein starker endosmotischer Process zwischen dem Zellinhalte und dem Wasser. Die jungen Zellmembranen sind noch so zart, dass sie der Ausdehnung, die durch das eingedrungene Wasser hervorgebracht wird, nicht hinreichenden

Widerstand leisten. Sie dehnen sich zwar aus, platzen aber auch sehr bald unter den Augen des Beobachters. Die Membranen fallen zusammen und werden unsichtbar; nur die Kerne erscheinen darauf um so deutlicher und können auf diese Weise Anlass zu einer falschen Deutung geben.

Die zweite Möglichkeit der Bildung anscheinend frei im Sporangium liegender Kerne wird ebenfalls durch den Einfluss des Wassers, sowie verdünnter, coagulirend wirkender Reagentien, jedoch auf entwickeltere Zellen und nach einiger Zeit hervorgerufen. Man kann die Entstehungsweise dieser kernartigen Gebilde (denn wie sollten anders die rundcontourirten, glänzenden und scharf vom übrigen Inhalte abstechenden Körperchen genannt werden?) als eine Coagulation des Protoplasma auffassen. Dass sich solche kernartige Massen durch Einwirkung eines neuen Medium wirklich bilden, überzeugt eine längere Beobachtung junger Sporangien, in denen anfangs nichts von dergleichen Gebilden zu sehen, nach einiger Zeit aber welche erscheinen. Doch ist zu berücksichtigen, dass die auf letztere Weise entstandenen kernartigen Gebilde immer ein gelbliches, oft glänzendes, sogar schmutzig-gelbes Ansehen haben und ausserdem ihre Contour oft unregelmässig, sie selbst aber nach einiger Zeit gleichsam geschichtet erscheinen.

Noch ist der mattglänzend und grau erscheinenden Kerne innerhalb unverletzter Sporangien zu gedenken, die manchmal zugleich durch Protoplasmafäden mit den Sporenmutterzellen oder der Sporangienwand verbunden werden. Ihre Entstehungsweise ist verschieden zu deuten. So konnte man in einigen Fällen annehmen, dass sie der hinteren Sporangienwand angehörten. Oder dass dieselben aus einigen unmerklich geplatzten Mutterzellen herausgetreten waren. Oder endlich, bleiben einige Kerne, bei ihrer Bildung, wirklich als freie zurück, um später, gleich den freien Kernen im Embryosacke der Phanerogamen, unterzugehen?

Das Resultat jener successiven Kerntheilungen und Zellbildungen sind, wie erwähnt, die Mutterzellen der Sporen selbst. Anfangs, sogleich nach ihrer Bildung, haben sie ein anderes Ansehen, als späterhin. Sie erscheinen zuvörderst als kleine, mattglänzende, runde Zellen, die bei ihrer gedrängten Lage an den aneinanderstossenden Seiten sich abplatten (XXVI, 15). Die Abplattung zeigt sich gewöhnlich nur an einer Seite jeder Zelle, wo dieselbe mit der Nachbarzelle zusammenhängt.

Die noch kleinen Mutterzellen erfüllen das Innere des Sporan-

gium beinahe vollständig. Als besonders günstig zu ihrer Beobachtung erweist sich Scolopendr. officin., indem die Zellen der Sporangienwand wenig Chlorophyll enthalten, durchsichtiger und schwach verdickt sind. Hier sieht man recht deutlich, dass im trüben Inhalte der Mutterzellen sich sehr feine, glänzende, das Licht stark brechende Körnchen vorfinden. Den Kern bemerkt man durch die Wandung des Sporangium nicht, was nur von seiner Durchsichtigkeit abhängt. Denn sind diese Zellen aus dem Sporangium herausgetreten, oder selbst noch in demselben, jedoch durch irgend eine beschädigte und geöffnete Stelle der Sporangienwand sichtbar, so wird man seiner sogleich gewahr. Er erscheint in centraler Lage, mittelgross, sehr zart contourirt, helldurchsichtig, nur mit sehr feingekörneltem Inhalte versehen. In diesen jungen Mutterzellen bewirkt das Wasser keine bedeutende Anschwellung; aber der ganze Inhalt zieht sich anfangs von der Zellmembran regelmässig-rund ab und contourirt sich deutlich; später wird er schmutzig-bräunlich. Beinahe zu gleicher Zeit bemerkt man dergleichen Erscheinungen auch in den Sporangienzellen und ausserdem noch ein Zerfallen des Inhalts in Klumpen, wodurch die Beobachtung des Innern völlig unmöglich wird.

Reagentien wirken viel charakteristischer auf entwickeltere Mutterzellen und werden weiter unten besprochen werden. Hier sei nur bemerkt, dass ihre Wirkung auf jüngere Zellen zu energisch ist, um genauere Schlüsse zuzulassen.

Mit dem Wachsthum des Sporangium nehmen auch die Mutterzellen an Grösse zu und erreichen zuletzt beinahe einen doppelt so grossen Durchmesser, als anfangs. Auch das Innere des Sporangium erweitert sich, doch so bedeutend, dass es von den Mutterzellen viel unvollständiger als früher ausgefüllt wird. Besonders anschaulich findet dieses bei Polypod. crassifolium L. (XXV, 4) und Scolopendr. officin. (XXV, 5) statt. Hier ist beinahe nur der halbe Raum des Innern von den kugelförmig zusammengeballten Mutterzellen eingenommen.

Während ihres Wachsthums verändern sich die Mutterzellen allmählich. Im Stadium, welches unmittelbar ihrer Theilung vorangeht, sind dieselben nicht nur beinahe ums Doppelte grösser und stark contourirt, sondern man sieht auch eine bedeutendere peripherische Ansammlung des viel grobkörniger und trüber gewordenen Protoplasma; auch ist der Kern grösser, grobkörnig, schärfer umgrenzt und zwischen ihm und dem an der Peripherie angesammelten Protoplasma bleibt ein Zwischenraum gleich einem hellen, engen Ringe, der wahr-

scheinlich nur mit Zellflüssigkeit erfüllt ist. Der Kern ist meistens nur in entblössten Mutterzellen sichtbar.

Schon der Tropfen Wasser des Objectträgers wirkt, durch Endosmose, auf Zelle und Kern mehr oder weniger verändernd ein. In noch unvollständig entwickelten Mutterzellen dehnt sich die Zellmembran bedeutend aus, weniger der Kern (XXVI, 22 a). Zugleich verschwimmt der Inhalt, bis die Membran der Zelle platzt und den Kern herauslässt (XXVI, 22 b), der dann einem feinen Bläschen, von beinahe homogener, ungekörnelter Beschaffenheit, gleicht, was wahrscheinlich von dem eingedrungenen Wasser abhängt. Die geplatzte Zellmembran fällt zusammen, behält jedoch manchmal eine kreisförmige Contour und lässt noch den Zellinhalt, viel gleichmässiger vertheilt, wahrnehmen. Der herausgetretene Kern schrumpft späterhin zusammen.

In entwickelten Mutterzellen treten, nach Einwirkung des Wassers, andere Erscheinungen ein. Die Zellmembran dehnt sich aus, aber weniger, sie erscheint aufgequollen (XXVI, 21 a); der körnige Inhalt lagert sich dichter der inneren Peripherie an; der Kern schrumpft zusammen. Manche solcher Zellen platzen ebenfalls, durch den Einfluss des Wassers, und lassen den zusammengeschrumpften Kern gleichsam herausspringen (XXVI, 21 b). Er erscheint alsdann klein und sehr körnig, der körnige Inhalt der geplatzten Zelle aber gleichmässiger vertheilt und deutlicher. Dieser Zustand erleidet keine merkliche Veränderung während einiger Stunden. — Andere ausgebildete Mutterzellen platzen nicht, zeigen jedoch eine noch ausgeprägtere peripherische Ansammlung des Protoplasma und eine Veränderung ihres Kerns, welcher sich stark contourirt und glänzend, schmutzig-gelb erscheint.

Zur genaueren Untersuchung dieser verschiedenen Zustände eignet sich das Gummi arabicum viel mehr, indem es, wenigstens in den ersten paar Minuten, noch normalere Zustände sehen lässt und später die durch Endosmose hervorgerufenen Erscheinungen langsamer und deutlicher auftreten. In Gummi betrachtete, isolirte Mutterzellen lassen in den ersten Augenblicken noch keinen Kern wahrnehmen, ohne Zweifel wegen der noch grösseren Trübung des Protoplasma durch den Gummischleim. Sogleich aber darauf erscheint der Kern deutlich und scharf contourirt, von körnigem Ansehen (XXVI, 20). Doch bald wird er durch den eingetretenen endosmotischen Process verändert: er schrumpft immer mehr zusammen, seine Contour verliert an Schärfe. Das Protoplasma sammelt sich mehr zur Peri-

pherie der Zellwand an und nach Verlauf von noch einigen Minuten erscheint es ganz feinkörnig und sehr spärlich, der Kern aber zusammengeschrumpft und dichtkörnig, — um ihn herum ein breiter, heller Raum.

Wir wenden uns jetzt zu einer Erscheinung, welche im innigsten Zusammenhange mit der Entwickelung der Mutterzellen steht. Wie erwähnt, liegen dieselben von Anfang an dicht nebeneinander, das Sporangium beinahe völlig ausfüllend. Zu dieser Zeit schon sieht man an Stellen, wo ein grösserer Zwischenraum zwischen aneinanderstossenden Zellen entsteht, am äusseren Rande des ganzen Zellencomplexes eine sehr schwach contourirte Hülle von mattem, das Licht wenig brechendem Scheine. Je grösser die Mutterzellen werden, um so deutlicher erscheint diese Hülle: sie erhält nicht nur zwei Contouren, sondern verdickt sich auch (XXVI, 16). Ihre äussere Begrenzung wird dunkler und oftmals wellig an Stellen, wo sie die zusammengeballten Mutterzellen nicht berührt. Ich nenne diese Hülle Epiplasma und verstehe hier darunter nur einen aus verdichtetem und auch chemisch verändertem Protoplasma gebildeten Ueberzug der Mutterzellen. Es entsteht wahrscheinlich aus demjenigen Protoplasma, welches sich im Sporangium, namentlich zwischen den Mutterzellen, vorfindet und ist insoweit verändert, wie es Reagentien beweisen, dass in ihm mehr Kohlenhydrate, weniger Stickstoff enthalten sind.

Dieses Epiplasma bildet nicht nur eine vollkommen geschlossene Hülle, sondern wird auch während des Zellenwachsthums dicker. Es hängt anfangs, wenn der Innenraum des Sporangium noch klein ist, meist mit der Wand des letzteren zusammen (XXVI, 16). Je mehr aber das Innere sich vergrössert und je weniger die Mutterzellen es ausfüllen, um so mehr trennt es sich von der Innenwand los und hängt zuletzt nur an einer Stelle oder gar nicht mehr mit ihr zusammen (XXV, 4, 8 a). Fest umhüllt es dann sämmtliche Mutterzellen, die gleich einer Insel oder einer Colonie im Innern herumschwimmen.

Das Wasser des Objectträgers bewirkt sehr interessante Erscheinungen. Man sieht deutlich, wie das Epiplasma durch den Einfluss des Wassers aufquillt, namentlich in einem ausgebildeteren Zustande. Zugleich erhält es ein etwas geschichtetes Ansehen und wird lichtbrechender. Wirkt das Wasser auf irgend welche Weise stärker, dringt es schneller ins Innere des Sporangium ein, so wird man leicht gewahr, wie das Epiplasma sich von der Innenwand ablöst und nun der von ihm umschlossene Ballen Mutterzellen nicht nur den früheren

Ort verlässt und an einen andern gelangt, sondern manchmal zugleich noch um seine Achse sich herumdreht. Sind die Mutterzellen schon ihrer vollen Entwickelung nahe, so bewirkt das Wasser ausserdem eine Lostrennung des Epiplasma von den Mutterzellen selbst und zwar auf eine merkwürdige Weise. Dasselbe hebt sich an einer, häufiger an zwei nahe beieinander liegenden (XXV, 8 b), selten an mehreren Stellen von den Mutterzellen ab. Dieser abgehobene Theil des Epiplasma dehnt sich mehr und mehr aus und zeigt dann eine doppelte Contour. Diese Ausdehnung, bedeutender in die Höhe oder Länge, weniger in die Breite oder nach den Seiten, dauert so lange, wie ich es besonders deutlich bei Asplenium Serra Lgsd. et Fisch. beobachtete, bis das Epiplasma die Sporangienwand erreicht (XXV, 8 b). Nach längerer Einwirkung des Wassers wird es trübe und unkenntlich, besonders bei Polypodium dimorphum Link. Nur bei Scolopendr. officin. hatte ich Gelegenheit den weiteren Vorgang zu verfolgen: das Epiplasma dehnte sich noch bedeutender aus, platzte aber, nach 20 Minuten, und entliess ins Innere einige Mutterzellen.

An denjenigen Stellen, wo das Epiplasma sich von den Mutterzellen abgehoben hatte, trat am allerersten eine Veränderung in letzteren ein: ihre Membran wurde wellig, wie zusammengeschrumpft und dadurch zugleich dunkler und markirter, ihr Inhalt trübe und zuletzt ganz unkenntlich (XXV, 8 b). Nach und nach wurden auch die übrigen Mutterzellen so verändert. In andern Fällen, bei andern Farn, so bei Polyp. sporodocarpum, Scolop. officin., hebt sich das Epiplasma um einen grösseren Theil des Mutterzellenhaufens ab und dehnt sich weniger aus. Hierbei, bei der Beurtheilung der Ausdehnungsfähigkeit und überhaupt der Loslösung des Epiplasma wie von der Sporangienwand, so auch namentlich von den Mutterzellen, ist sehr sein Entwickelungsgrad zu beachten. Am auffallendsten zeigt es die soeben beschriebenen Erscheinungen im ausgeprägteren Zustande, zur Zeit also, wo die Mutterzellen dem Ende ihres Wachsthums nahe sind. Weiter unten kommen wir noch auf das fernere Verhalten des Epiplasma zurück.

Hier ist zugleich einer auffallenden Erscheinung zu erwähnen, die bei manchen Farn sehr oft zu beobachten ist, wie bei Scolop. officin., Polyp. dimorphum, seltener bei Aspid. Filix mas und Polypod. sporodocarpum. Man sieht nämlich in vielen Fällen, wo jüngere oder häufiger ältere Mutterzellen vom Epiplasma umschlossen sind, von demselben nach der Sporangienwand Fäden ausgezogen, in der Zahl von einem bis mehreren (XXV, 5), sogar bis sechs. Die Fäden sind

von mattem Scheine und werden gewöhnlich nach ihren beiden Enden zu breiter. Ohne Zweifel können sie als Protoplasmafäden angesehen werden, die bei der Lostrennung des Epiplasma von der Sporangienwand entstehen. Sie ändern nicht nur häufig und verschiedenartig, in Zeit einiger Minuten, ihren Mündungsort, sondern gestalten sich selbst bald dünner, bald dicker. Auch treten sie nicht selten erst deutlicher hervor, nachdem das Präparat einige Secunden bis einige Minuten lang beobachtet wurde, und erhalten sich bis zur Zeit, wo die Beobachtung des Innern, wegen eingetretener Veränderungen, aufgehoben wird. — Durch Chlorzinkjodlösung wurden die Fäden bräunlich-gelb, beinahe ebenso wie das Epiplasma, welches jedoch mehr ins Violette schillerte.

Ich erwähne noch der Wirkung folgender Reagentien auf die Mutterzellen.

Durch Alkohol zieht sich der Inhalt von der Zellwand ab und contourirt sich schwach: zwischen beiden bleibt ein heller Ring. Der Inhalt erscheint körnig; nach einiger Zeit wird er trüber, braun und zuletzt sammt der Zelle ganz unkenntlich. Alkohol und darauf sogleich Aetzkali angewandt, lassen, nach 5—10 Minuten, dieselben Erscheinungen, wie durch längeres Einwirken des Wassers, namentlich die glänzende schmutzig-gelbe Färbung des Kerns, sehen.

Aetzkali färbt die Mutterzellen goldgelb, zugleich bemerkt man eine dichtere peripherische Ansammlung der Körnchen des Protoplasma; der Kern dehnt sich sehr rasch aus und platzt nach einigen Secunden. Die Membran der Zelle dehnt sich nicht sehr bedeutend aus.

Chlorzinkjodlösung bewirkt ein Zusammenschrumpfen der Zellmembran, indem zuerst noch das Protoplasma von ihr sich ablöst. Nach einigen Minuten färbt sich der Inhalt schmutzig-braun, die Membran wird unkenntlich und die Zelle stellt nur unförmliche, braune Klumpen dar.

Kohlensaures Ammoniak, in verdünnter Lösung, lässt anfangs die Zellencontouren deutlicher hervortreten, der Inhalt zieht sich nur wenig von der Zellwand ab; doch nach einigen Minuten, bei Anwendung einer concentrirten Lösung noch schneller, färbt sich der Inhalt bräunlich und die Zellencontouren schrumpfen zusammen.

In diesen soeben beschriebenen Mutterzellen entstehen die Sporen direct durch einen Theilungsprocess. Die Erscheinungen und der ganze Hergang der dabei stattfindenden Theilungs- und Bildungsprocesse lassen sich nur bei einigen Farn genauer und vollständiger ver-

folgen. Unter den von mir untersuchten erwies sich Cibotium Schiedei Schltd. als das günstigste in dieser Beziehung. Da, einige unbedeutende Unterschiede abgerechnet, bei andern Farn, so viel ich sehen konnte, diese Vorgänge immer sich gleich bleiben, so wird es am geeignetsten sein, diese Species als Typus anzunehmen und nur das bei ihr Beobachtete wiederzugeben.

Die Theilung betrifft zuerst den Kern der Mutterzellen. Zu dieser Zeit tritt derselbe, in centraler Stellung, deutlicher hervor, verlängert und vergrössert sich; es erscheinen in ihm zwei deutliche Kernkörperchen, zwischen ihm und der Zellmembran sammelt sich körniges Protoplasma an (XXVII, 3). Der Kern theilt sich in zwei; jede Hälfte enthält ein Kernkörperchen; das Protoplasma vermehrt sich (XXVII, 4). Die Kerne treten auseinander, vergrössern sich und nehmen eine vom Centrum entferntere Lage, in entgegengesetzten Punkten, näher zur Peripherie, ein; um einen jeden von ihnen bemerkt man eine Ansammlung von Protoplasma (XXVII, 6). Sodann theilt sich der Inhalt der Mutterzelle in zwei. Die Theilungslinie geht zwischen beiden Kernen hindurch, so dass in jeder Hälfte ein Kern zu liegen kommt. Letztere erhalten eine längliche Gestalt (XXVII, 7) und theilen sich darauf in zwei; in jeder Hälfte des Inhaltes liegen dann 2 Kerne, die sich abrunden und entgegengesetzte Stellen, näher zu den Winkeln, einnehmen (XXVII, 8). In beiden Hälften des Inhaltes erfolgt eine Quertheilung, wodurch 4 Specialzellen entstehen (XXVII, 9). Diese 4 Partieen, oder Special- oder Sporenzellen liegen (wie es später viel deutlicher hervortritt) in 2 Schichten zu zwei übers Kreuz. Jede Schicht ist darum nur bei einer andern Focaleinstellung zu sehen. Auf dieselbe Weise geschieht die Theilung der Mutterzellen auch bei Polypod. sporodocarpum, crassifolium u. s. w.

Bei Cibotium Schiedei erfolgt die Theilung der Mutterzellen sehr oft aber nach dem tetraëdrischen Typus. In diesen Fällen hatte ich immer nur Zustände vor Augen, wo die Theilung schon vollendet war (XXVII, 11, 12). Doch die Kleinheit und gegenseitige Lage der 4 neuentstandenen Kerne (XXVII, 12) lassen hierbei mit Sicherheit auf ihr Entstehen durch Theilung schliessen. Die durch Theilung entstandenen 4 Partieen des Inhalts sind anfangs ganz schwach an ihren vier Seiten contourirt, ihre Ecken noch nicht abgerundet; die der Mutterzellmembran anliegenden Seiten gewölbt, die übrigen flächer oder mit einer geringeren Krümmung (XXVII, 11). Der Inhalt einer jeden Partie ist feinkörnig, mit einigen grösseren Körnchen, wenig

dicht und zeigt einen kleinen, stark glänzenden Kern, welcher der Theilungslinie, mehr zur Mitte der Mutterzelle, anliegt (XXVII, 12).

Jede der vier Partieen umkleidet sich mit einer Hautschicht, die anfangs für je zwei angrenzende Partieen nur als eine dunkle Linie, jedoch da, wo dieselbe zur Membran der Mutterzelle sich nähert, in zwei gespalten erscheint (XXVII, 11). Dieses beweist aber, dass die einfache Linie gleich anfangs schon zwei Hautschichten darstellt, von denen eine jede die Membran der abgetheilten Partie bildet. Die Membran der Tochterzelle erscheint zuerst wie aufgequollen: von ihrer äusseren Contour ist die des Inhaltes ziemlich entfernt (XXVII, 11).

Das Wasser des Objectträgers bewirkt in diesen frühen Theilungszuständen ein Anschwellen der Mutterzelle. Durch den eintretenden endosmotischen Process wird der Inhalt undeutlich. Chlorzinkjodlösung färbt den Inhalt bräunlich-gelb und macht ihn zusammenschrumpfen; der Kern erscheint glänzend-gelb.

Die erwähnten 4 Partieen vergrössern sich: sie wachsen mehr in die Länge, weniger nach ihren zwei übrigen Dimensionen und nähern sich dadurch mehr und mehr der typischen Sporengestalt. Zugleich wird der Inhalt grobkörniger, es erscheinen in ihm ganz kleine, aber deutliche Kügelchen von fettem Oel. Der Kern wird ebenfalls grösser und nimmt eine mehr centrale Lage und runde Gestalt an. Die Membranen der Tochterzellen erscheinen gesondert und ausgeprägter, selbst mit doppelter Contour an der der Membran der Mutterzelle zunächst liegenden Seite. Das aufgequollene Aussehen ist verschwunden, der Inhalt liegt unmittelbar der Contour an. Durch die entwickelteren Tochterzellen wird unterdessen die Membran der Mutterzelle bedeutend ausgedehnt; sie contourirt sich schwächer.

Die Tochterzellen erreichen bald den Zustand, in welchem sie schon die Gestalt der Sporen zeigen. Sie rücken dann auseinander, ihre Contour erscheint doppelt, der Inhalt reicher an Oeltropfen und weniger grobkörnig. Zugleich verdünnt sich die Mutterzellmembran beträchtlich. Die weitere Ausbildung der Tochterzellen bis zur vollen Reife besteht in einer geringen Zunahme ihres Volumen, dem Erscheinen zahlreicherer Oeltropfen, feinkörnigen Chlorophylls (doch nicht bei allen Farn) und farbloser Körnchen und der Ausbildung der Häute. Die Membran der Mutterzelle zeigt, kurz vor der Sporenreife, an einigen Stellen eine doppelte Contour, an andern Körnchen (XXVII, 15). Sie umschliesst noch immer die beinahe völlig reifen Sporen, obgleich dieselben schon in einiger Entfernung voneinander liegen (XXVII, 15) und erscheint zuletzt kaum sichtbar nur noch stellenweise (XXVII,

16, 18). Werden Mutterzellen, noch vor der Sporenreife, aus dem Sporangium herausgedrückt, so sieht man zwischen ihnen eine spärliche körnige Masse, deren Körnchen, einige Minuten lang, Brown's Molecularbewegung zeigen.

Wenn das Sporangium, zur Zeit der Sporenreife, platzt, so ist keine Spur weder von den Mutterzellmembranen, noch vom Epiplasma vorhanden (XXV, 7). Letzteres erscheint schon während der Theilung der Mutterzellen bedeutend verdünnt (XXIV, 12), besonders deutlich bei Scolopendr. officin. (XXV, 6), und wird wahrscheinlich als Bildungsstoff für die Sporen verwendet.

Noch innerhalb des Sporangium erhalten die Sporen ihre volle Ausbildung. Hierbei ist das Entstehen der Sporenhäute, sowie die Umwandlung ihres Inhaltes am interessantesten und zugleich am schwersten zu beobachten.

Sobald die Sporen eine doppelte Contour zeigen, von denen die äussere ausgeprägter, ist auch der Inhalt schon mit zahlreichen Tropfen fetten Oels[1]), zu denen sich in vielen Fällen Chlorophyll und farblose Körnchen hinzugesellen, erfüllt. Den Kern wird man nicht mehr gewahr. Reifere Sporen zeigen nicht nur eine ausgeprägtere Exine, sondern auch die Intine, welche als zartes Häutchen den Inhalt umgrenzt.

Die reifen Sporen sind je nach den Farn verschiedenartig gestaltet, selbst bei ein und derselben Gattung. So hat z. B. Polypodium vulgare L. nierenförmige, Polypod. crassifolium kugelige Sporen. Eine andere Gestalt besitzen die Sporen von Osmunda regalis, nämlich eine dreikantig-pyramidale (XXVII, 28, 29); von Aspidium Filix mas eine ovale (XXVII, 22) u. s. w.

Grosse Verschiedenheiten zeigt auch die Exine reifer Sporen, nicht nur in Hinsicht der Dicke, sondern hauptsächlich der mannigfaltigen Hervorragungen oder Erhebungen an ihrer äussern Oberfläche, welche je nach den Gattungen und Arten von verschiedener Grösse, Gestalt, Anzahl und Färbung erscheinen. Kleinspitzig und durchsichtig sind sie bei Osmunda regalis (XXVII, 28, 29, 38 etc.); felderartig, niedrig, flach und von bläulicher Färbung bei Polyp. vulgare

---

1) Nach Unger besteht der Sporeninhalt aller Cryptogamen aus Proteinsubstanzen, Stärke, Oel u. s. w. (Anatomie u. Physiologie der Pflanzen, 2. Ausg. S. 431). Prof. Jul. Sachs gibt an, dass die Sporen entweder Oel oder Stärke oder beides enthalten (J. Sachs, über die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern, in Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot. III, S. 190).

(XXVII, 17); flügelartig, knotig und braun gefärbt bei Aspid. Filix mas (XXVII, 23) u. s. w.

Anfangs sind die Erhebungen kaum sichtbar, nämlich zu derjenigen Zeit, wo die Sporen schon ölhaltig und die Exine sich zu verdicken beginnt. In sehr kurzer Zeit nehmen die Erhebungen an Grösse zu und erreichen ihre volle Ausbildung. Wahrscheinlich ist es, dass dieselben durch eine Lebensthätigkeit der Spore bedingt, theilweise auch durch Ablagerung von aussen her entstehen. Letzteres möchte wohl die Wirkung der Schwefelsäure beweisen, indem bei deren Anwendung nur die äussersten Theile (also die jüngsten) der flügelartigen Hervorragungen glashell und aufgequollen erscheinen; hingegen die der Contour der Exine zunächst gelegenen dieselbe Färbung (z. B. eine braune), wie die letztere behalten (XXVII, 24). Ausserdem erhalten die flügelartigen Hervorragungen oder in andern Fällen die Exine selbst, bei Anwendung gewisser Reagentien, gleichsam ein geschichtetes Ansehen (XXVII, 26, 27). Ohne Zweifel bleiben sich die Vorgänge bei der Bildung der so mannigfaltigen Exine wie hier, so auch bei anderen Sporen oder beim Pollen gleich und wäre deren genaue Erforschung von nicht unbedeutender Wichtigkeit. Meine eigenen Bemühungen haben noch zu keinen entscheidenden Resultaten geführt.

An der Exine kommen noch kleine und nicht zahlreiche Tropfen fetten Oels vor, welche an der glatten Oberfläche oder an oder zwischen den Hervorragungen sitzen (XXVII, 30). Man kann sie wohl als eine Durchschwitzung des Inhaltes annehmen. Auch zeigt die Exine öfters eine doppelte Contour, was auf ihre bedeutende Dicke zu beziehen ist. Ausserdem wird man bei einigen Sporen dreier unter stumpfen Winkeln zusammenstossender, erhabener Leisten gewahr, welche durch die gegenseitige Lage und Druck der Sporen, während ihrer Entwickelung in den Mutterzellen, entstehen. Bei der Keimung reisst die Spore gewöhnlich an der Stelle dieser Leisten auf.

Die doppelte, soeben erwähnte, Contour der Exine tritt deutlicher bei Anwendung gewisser Reagentien hervor. Zum Schlusse betrachten wir somit noch die Wirkung verschiedener Reagentien wie auf ganze Sporen, so auch, in einigen Fällen, auf deren feinste Querschnitte [1]).

Wir erwähnen zuerst noch der Wirkung des Wassers. Dieselbe

---

1) Ich erhielt die feinsten Durchschnitte nach einem von Schacht für den Pollen beschriebenen Verfahren (s. Das Mikroskop, 3. Aufl. 1862, S. 68).

äussert sich im Allgemeinen in einem Anschwellen der Spore. Wo eine stärkere Exine, tritt diese Erscheinung später ein, sonst schon nach Verlauf einiger Minuten, wie z. B. bei Polypod. dimorphum, nach ungefähr 3 Minuten. Zugleich fliessen die Oeltropfen des Inhaltes zu grösseren zusammen, die Intine zeichnet sich deutlicher und reisst oftmals auf. Der Inhalt schrumpft zuletzt zusammen.

Jod bewirkt, in den ersten Minuten, keine merkliche Veränderung sogar bei Sporen mit einer hellen, durchsichtigen Exine, wie bei Osmunda regalis. Doch nach längerem Einwirken, nach 10 bis 15 Minuten, platzen beide Häute und aus der Spore tritt der Inhalt heraus, nämlich Chlorophyll, farblose Körnchen und mehr oder weniger grosse Tropfen fetten Oels (XXVII, 37). Bei Cibotium Schiedei erscheinen, durch Jod, das Chlorophyll und die Sporencontour dunkler.

Chlorzinkjodlösung bewirkt keine Farbenveränderung, aber ein Zusammenschrumpfen der Sporen (bei Cibot. Schiedei). Bei Osmunda regalis wird, durch Zusammenziehen des Inhaltes, die Intine sichtbarer, doch liess dieselbe keine unzweifelhafte Reaction auf Zellstoff wahrnehmen.

Aetzkali, in verdünnter Lösung, färbt die Sporen von Cibotium Schiedei hochgelb ins Grünliche spielend (XXVII, 25); von Aspid. Filix mas die unreifen gelb (XXVII, 22), die reifen werden etwas durchsichtiger: durch die braune Exine (XXVII, 23) scheinen Oeltropfen hindurch. Concentrirtere Lösungen wirken am auffallendsten auf die reifen Sporen von Osmunda regalis. Die erste Einwirkung des Aetzkali äussert sich in kurzen Bewegungen, gleichsam Zuckungen der Spore. Es tritt sodann eine gelb-grünliche Färbung ein; einige grössere Oeltropfen scheinen mit gelblich-glänzendem Scheine aus dem Innern hindurch. Zuletzt platzt die Spore, gewöhnlich da, wo die Leisten an der Exine (XXVII, 32, 32 a), der Inhalt wird theilweise oder vollständig entleert (XXVII, 31, 32, 32 a) und besteht aus feinkörnigem, grasgrünem Chlorophyll, hellglänzenden grösseren und kleineren Oeltropfen und einer farblosen, feinkörnigen Masse, die sich wenig mit dem Uebrigen mischt (XXVII, 32). Tritt der Inhalt nur wenig aus der Spore heraus, so sieht man deutlicher, dass derselbe von einer geschlossenen, zarten, aber scharf contourirten innern Haut oder Intine umgeben ist (XXVII, 31). Nach einiger Zeit zieht sich der Inhalt von der Intine ab und erscheint selbst ganz fein contourirt (XXVII, 31 a). — Reife Sporen von Cibotium Schiedei werden durch Jod gelb, die Exine gleichsam geschichtet (XXVII, 26); ihr Inhalt trübt sich, die kugeligen Oeltropfen verschwinden.

Essigsäure und essigsaures Carmin erzeugen, bei Osmunda regalis, nach einigen Minuten ein Aufquellen der Exine. Die Oeltröpfchen im Innern sammeln sich zu zwei grossen Partieen, an zwei entgegengesetzten Seiten des Chlorophylls, an (XXVII, 39). Letzteres erhält allmählig, von der Peripherie nach der Mitte zu, eine gelbe Färbung. Später erscheint der ganze Inhalt braun und stark zusammengezogen. Die Hervorragungen der Exine verschwinden nicht.

Durch Salpetersäure schwellen die Sporen an, der Inhalt zieht sich als kugelförmige Masse zusammen und wird braungelb (bei Osm. reg.). Grössere Oeltropfen bilden sich aus kleineren und scheinen durch; einige anscheinend noch im Innern dieser kugelförmigen Masse, andere ausserhalb derselben. Die Hervorragungen der Exine treten schärfer hervor. Der Inhalt wird endlich ganz braun, undurchsichtig und zieht sich noch mehr zusammen: zwischen ihm und der Exine bleibt ein grösserer Zwischenraum in Gestalt eines hellen Hofes.

Schwefelsäure ruft sehr bemerkenswerthe Veränderungen in den Sporen hervor, die sich am besten bei Osmunda regalis verfolgen lassen. Hier färbt sich anfangs die Spore hell-orange; die Vorsprünge, welche ihre Concavität begrenzen, sinken zusammen, die ganze Spore dehnt sich aus, wird kreisrund, die orange Färbung intensiver. Bei der Einstellung auf den Rand sieht man die stachelförmigen, farblosen Hervorragungen deutlich, wie sitzend auf der Exine, die selbst unterdessen roth-orange geworden (XXVII, 34). Zugleich erscheinen im Innern zwei grosse, runde, hellgelbe Oeltropfen, die sich rechts und links vom Chlorophyll lagern. Letzteres befindet sich in der Mitte der Spore, ist anfangs dunkelgrüner, als zu dieser Zeit, und erhält später eine schmutzige Nüance. Bei einem Querschnitt der Spore sieht man, dass die Exine hier eigentlich aus zwei Schichten besteht. Die äussere von ihnen, auf der die Hervorragungen sitzen, bleibt beinahe ungefärbt und contourirt sich zart von der folgenden, innern Schicht, die eine roth-orange, später aber eine ziegelrothe Färbung annimmt und sich selbst von der Intine abgrenzt (XXVII, 38). Dieser Unterschied in der Färbung bleibt auch später sichtbar und kann nichts anderem, als einem verschiedenen Verhalten dieser Schicht gegen das Reagens und somit einer andern chemischen Zusammensetzung zugeschrieben werden. Nach Verlauf einiger Stunden nimmt die intensive Färbung der unzerplatzten Sporen ab; sie erscheinen von heller Fleischfarbe, die Stacheln kleiner und wie verschwommen; die Oeltropfen werden deutlicher und zahlreicher, ein jeder von ihnen hat das Ansehen, als ob er selbst mit noch kleineren

Tröpfchen erfüllt wäre. Tritt ein solcher Oeltropfen aus der Spore heraus, so färbt er sich bald, durch die Schwefelsäure, hellviolett und die in ihm erscheinenden Tröpfchen pfirsich-rosa (XXVII, 34a). Die im Innern der Spore sich vorfindenden Oeltropfen verleihen ihr zu dieser Zeit eine schmutzig-violette Nüance. Einige dieser Sporen, namentlich die reiferen, platzen; ihre Exine wird blutroth, zuletzt ziegelroth (XXVII, 35). Die aus den Sporen herausgetretenen Oeltropfen werden öfters noch anders gefärbt, namentlich wenn concentrirte Schwefelsäure stärker und plötzlicher wirkt. Sie erhalten dann ein schmutzig-gelbes Aussehen; es zeigen sich in ihnen schwarze Pünktchen; nach einer Stunde und mehr werden sie ganz braunschwarz, gleichsam verkohlt (XXVII, 35a).

Querschnitte der Sporen von Osmunda regalis, welche in Wasser und Gummi liegen, verhalten sich anders gegen Schwefelsäure, indem dieselbe eine pfirsich-rosa Färbung der Exine und eine hellbläulichgrüne des Chlorophylls hervorruft. Die Hervorragungen bleiben glashell. Da die Schwefelsäure durchs Gummi, unter dem Deckglase, schwer zu den Sporen dringt, so bemerkt man diese Wirkung nur da, wo sie wirklich stattfinden konnte; hingegen an andern Stellen, wo vielleicht nur eine Spur von Schwefelsäure sich dem Gummi beigemischt hatte, erhielt die Exine keine Färbung, das Chlorophyll jedoch eine gelbliche.

Die Sporen von Cibotium Schiedei nehmen, bei Anwendung von Schwefelsäure, eine rosen- bis granatrothe Färbung an (XXVII, 27). Die Erhebungen der Exine bei Aspid. Filix mas erscheinen glashell, wie aufgequollen, ihre äussersten Ränder lösen sich auf (XXVII, 24); der Inhalt erhält eine schmutzige, violett-röthliche Färbung. Bei Polypod. dimorphum sind die Erscheinungen beinahe dieselben; nur die starke Exine erhält eine glashelle Contour, der Inhalt fliesst zu einer runden Oelmasse zusammen, die ganze Spore erscheint zuletzt schmutzig-ziegelroth.

Moskau, im März 1865.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XXIV.

Fig. 1—14. Polypodium sporodocarpum Willd.

Fig. 1. Erster Anfang des Sporangium aus einer Epidermiszelle.

Fig. 2. Erste Quertheilung der zum Sporangium heranwachsenden Epidermiszelle, wodurch dieselbe sich in Stiel- und Scheitelzelle sondert.

Fig. 3. Ganz junges Sporangium: die feinkörnige Protoplasmamasse sammelt sich an der innern Peripherie der Scheitelzelle an; auch ist eine kreisförmige Ansammlung sehr feiner Körnchen um ein grösseres zu bemerken (ob ein Häutchen die Ansammlung umgiebt, lässt sich nicht wahrnehmen).

Fig. 4. Nächstfolgender Zustand: gegen die Mitte zu ein kleiner, hellglänzender Kern mit einem Kernkörperchen; um denselben ein sich scharf abgrenzender körniger Hof. Es sind noch einige solcher hellglänzender, aber kleinerer Kerne zu sehen und die sich deutlich in der feinkörnigen, peripherisch abgelagerten Protoplasmamasse unterscheiden lassen.

Fig. 5. Erste Zelle nebst Kern, die als schwach contourirtes Bläschen erscheint.

Fig. 6. Theilung des ersten Zellkerns, in der noch ungetheilten Zelle, in zwei. Im Ring des Sporangium kaum bemerkbare Spuren von Quertheilungen und Zellkerne mit strahlenförmigen Protoplasmafäden.

Fig. 7. Theilung des Kerns sowie der Zelle selbst in zwei. Kerne und Zellen sind schon gesondert und hängen nur an der Berührungsstelle zusammen.

Fig. 8. Zusammenschrumpfen und Braunwerden des protoplasmatischen Inhaltes eines jungen Sporangium, nach Einwirkung von Wasser.

Fig. 9. Junge Sporenmutterzellen, in denen eine matt erscheinende körnige Substanz. Das sie umhüllende Epiplasma hat sich auf eine ganz ungewöhnliche Weise von ihnen abgehoben, nach Einwirkung des Wassers, und zeigt zwei Contouren, die jedoch in der Lithographie zu ausgeprägt erscheinen.

Fig. 10. Unnormaler Zustand durch längere Einwirkung des Wassers hervorgerufen: Mutterzellen der Sporen stark und öfters doppelt contourirt; in denselben gelbglänzende und grobcontourirte Kerne; zwischen den Zellen und an andern Stellen Ansammlungen einer körnigen, braun-gelblichen Masse. Das Sporangium selbst nur, der Deutlichkeit des Bildes wegen, angedeutet.

Fig. 11. Sporenmutterzellen mit Kernen; mehrere Kerne frei durch Zerplatzen der Zellen, nach Einwirkung von Wasser. Zwischen denselben eine feinkörnige, spärlich vorhandene Masse. Das Ganze aus einem angeschnittenen Sporangium herausgetreten.

Fig. 12. Sporangium mit Mutterzellen, in denen schon die Theilung zu Sporen vor sich gegangen. Die Mutterzellen umschliesst insgesammt das Epiplasma.

Fig. 13. Früher Theilungszustand einer Mutterzelle zu 4 Sporen, von welchen hier nur 3 sichtbar. Die Sporenkerne deutlich und gross.

Fig. 14 und 15. Verschiedene Lagen der Sporen in der Mutterzelle. Vergr. 500 mal.

Fig. 16. Ein späterer Zustand, wo alle 4 Sporen paarweise gegenüber und in zwei Schichten übers Kreuz liegend sichtbar werden.

Taf. XXV.

Fig. 1 und 3. Pteris crenulata (ex horto botan. Bonnensi).

Fig. 1. Ein noch ganz junges Sporangium, in welchem die Bildung des Annulus durch 5 Theilungslinien markirt ist. Die Anwesenheit einer Zelle oder eines Kerns lässt sich nicht deutlich wahrnehmen. (Durch Chlorophyll war das Sporangium ganz grünlich - gelb.)

Fig. 3. Theilung des Kerns, sowie der Zelle in zwei; doch ist letztere, durch Einwirkung des Wassers, stark angeschwollen. (Nach einigen Minuten platzte die Zellmembran und die freigewordenen Kerne erhielten ein gelbglänzendes Ansehen.)

Fig. 2 und 4. Polypod. crassifolium L.

Fig. 2. Ein junges Sporangium, durch die Nadel isolirt. Im Innern des dreieckigen Raumes eine bräunliche, geronnene Protoplasmamasse, durch säumiges Beobachten entstanden.

Fig. 4. Eine ganz isolirt im Innern des Sporangium liegende Masse von Mutterzellen, deren einige Zellkerne sichtbarer als die Zellmembranen selbst. Die ganze Masse von einem dünnen Epiplasma umgeben.

Fig. 5—7. Scolopendrium officinarum Sw.

Fig. 5. Aufgequollenes Ansehen des Epiplasma, von welchem 2 Fäden nach der Innenwand des Sporangium auslaufen. Es umschliesst hellglänzende Mutterzellen. (Der Annulus nur andeutungsweise dargestellt.)

Fig. 6. Mutterzellen, in denen sich schon Sporen gebildet, von dem aufgequollenen Epiplasma umhüllt.

Fig. 7. Ein Sporangium mit reifen Sporen. Nur der Annulus, keine Wandzellen abgebildet; sein Verlauf deutlich zu sehen.

Fig. 8a—8b. Asplenium Serra Lgsd. et Fisch.

Fig. 8a. Masse von Mutterzellen, vom Epiplasma umgeben. (Sie hing nur an einer Stelle mit der Innenwand des Sporangium zusammen.)

Fig. 8b. Dieselbe Masse nach längerer Einwirkung des Wassers. Das Epiplasma ist von den Mutterzellen, an der linken Seite, völlig abgelöst und contourirt sich doppelt. (Nach einiger Zeit dehnte es sich bis zur punktirten Linie, d. h. bis zur Sporangienwand, aus.) Die Mutterzellen sind zusammengeschrumpft an denjenigen Stellen, wo sich das Epiplasma abgelöst.

Taf. XXVI.

Fig. 1—20. Aspidium Filix mas Sw.

Fig. 1. Ganz junges Sporangium, in welchem Theilungen zu sehen, die zur Bildung der Wandzellen und auch des Annulus dienen. Im Innern gleichsam zwei Zellen zu sehen.

Fig. 2. Sehr junges Sporangium, in welchem man einen deutlich contourirten Kern mit Kernkörperchen und grobkörniges Chlorophyll wahrnimmt.

Fig. 3. Junges Sporangium mit körnigem Chlorophyll; im Innern gleichsam eine Zelle. Der innere Raum durch 6 Theilungslinien begrenzt.

Fig. 4. Aehnlicher Zustand, doch nur mit einem feinkörnigen, mattglänzenden Inhalt, ohne Chlorophyll. Im Innern anscheinend eine Zelle. (Doch ist in dieser, wie in der vorigen Figur, ihre Contour in der Lithographie zu stark hervorgehoben.) 5 Theilungslinien sichtbar.

Fig. 5. Junges Sporangium mit mattem, farblosem, feinkörnigem Inhalt, in welchem ebenfalls noch keine deutliche Zelle oder Kern zu unterscheiden. Die Bildung des Annulus zu sehen.

Fig. 6. Zustand, in Gummi arab. betrachtet: erste Zelle mit einem Kern, sehr scharf contourirt; ihr Inhalt zieht sich von der Innenwand ab. (Nach wenigen Minuten wurde die Zelle glänzend und undeutlich.) In den Annuluszellen zusammengeschrumpftes Protoplasma und kernartige Bildungen.

Fig. 7. Zelle aus einem jüngeren Sporangium (doch keine Sporenmutterzelle), in der sich der Kern in zwei getheilt.

Fig. 8. Theilung der Zelle, die beinahe das ganze Innere eines jungen Sporangium ausfüllt, und des Kerns in zwei. Noch keine Wandzellen vorhanden.

Fig. 8 a. Dieselbe Zelle, nach Anwendung von Chlorzinkjodlösung: ihre beiden Hälften trennen sich, schrumpfen zusammen und erhalten eine schmutzig-gelbe Färbung.

Fig. 9. Theilung des Kerns und der ersten Zelle in zwei. Einige Kerne, die den hinteren Wandzellen angehören, scheinen hindurch. Oben eine Zelle des Annulus, die übrigen, den innern Raum umgebenden, sind Wandzellen.

Fig. 10. Späterer Zustand, wo die Theilung sich wiederholt, doch in entgegengesetzter Richtung (der Quere nach), und 4 Kerne und ebenso viele Zellen entstanden. Das Sporangium nur angedeutet.

Fig. 11. Theilung der Kerne vor der Bildung der Zellmembranen. (Aus einem jungen Sporangium isolirt.)

Fig. 12. Desgl., wo aber schon Anfänge der Zellbildungen zu sehen.

Fig. 13. Kerne in der Protoplasmamasse; um jede zwei von ihnen Andeutungen von Zellmembranen. Aus einem jungen Sporangium, welches es beinahe ganz ausfüllte, isolirt dargestellt.

Fig. 14. Zustand mit 8 Kernen; die Theilungen zu Zellen deutlicher.

Fig. 14 a. Desgl., aber nach Anwendung von Chlorzinkjodlösung: die getheilten Partieen sondern sich deutlicher ab.

Fig. 15. Entwickelteres Sporangium, mit jungen Sporenmutterzellen, die sich aber wenig voneinander gesondert. Ihr Inhalt körnig und mattglänzend. Das Epiplasma nicht deutlich zu sehen.

Fig. 16. Sporenmutterzellen in einem entwickelteren Zustande, vom Epiplasma alle zugleich umhüllt. Oben eine Zelle des Annulus, die übrigen Wandzellen.

Fig. 17. Entwickelte Sporenmutterzelle mit deutlichem Kern.

Fig. 18. Desgl., aber nach Einwirkung des Wassers: der Kern ist ganz verändert und nach der Peripherie gewandert.

Fig. 19. Sporenmutterzelle mit peripherischer Ansammlung des Protoplasma.

Fig. 20. Sporenmutterzelle, in Gummi arab. betrachtet: der Kern contourirt sich ganz deutlich in der gleichmässig mit körniger Substanz erfüllten Zelle.

Fig. 20 a. Desgl., aber nach Verlauf einiger Minuten: zwischen dem Kern und der mehr nach der Peripherie abgelagerten, feinkörnigen Inhaltsmasse bildet sich ein heller Hof.

Fig. 20 b. Desgl., nach 10—15 Minuten: der Kern zusammengeschrumpft, der körnige Inhalt der Zelle, nach dem Eindringen des Gummi, kaum durch spärliche Körnchen angedeutet.

Fig. 21 a—23. Polypod. vulgare L.

Fig. 21 a. Sporenmutterzelle mit deutlichem Kern.

Fig. 21 b. Dieselbe, nachdem sie einige Zeit in Wasser gelegen: die Membran ist geplatzt und zusammengefallen, der körnige Kern herausgetreten.

Fig. 22 a. Sporenmutterzelle nebst Kern, durchs Wasser etwas ausgedehnt.

Fig. 22 b. Dieselbe, nach längerer Einwirkung des Wassers: die Membran ist geplatzt und zusammengefallen, der Kern herausgetreten und gleicht einem Bläschen.

Fig. 23. Sporenmutterzelle mit sehr deutlichem Kern und Kernkörperchen.

Taf. XXVII.

Fig. 1—15. Cibotium Schiedei Schltd.

(Bildung der Sporen in den Mutterzellen.)

Fig. 1. Mutterzelle, in der kein deutlicher Kern, wegen des eingetretenen endosmotischen Processes, zu sehen, sondern bloss eine kreisförmige Anhäufung von Protoplasma.

Fig. 2. Mutterzelle mit länglichem und excentrischem Kern.

Fig. 3. Der Kern nimmt eine centrale Lage ein, ist grösser und länglich geworden, mit 2 Kernkörperchen. Um ihn herum sammelt sich das Protoplasma.

Fig. 4. Der Kern theilt sich in zwei; in jeder Hälfte ein Kernkörperchen.

Fig. 5. Desgl., aber keine Kernkörperchen wahrzunehmen.

Fig. 6. Die zwei neuentstandenen Kerne, jeder mit einem Kernkörperchen, umringt von Protoplasma, nehmen eine entgegengesetzte Lage, an der innern Zellenperipherie, ein.

Fig. 7. Der ganze Zelleninhalt hat sich in zwei getheilt; in jeder Hälfte ein Kern.

Fig. 8. In jeder Hälfte des Zelleninhaltes hat sich der Kern wieder in zwei getheilt; die Kerne sind schon voneinander gerückt. Beide Inhaltshälften erscheinen entfernter wie voneinander, so auch von der Zellenwand.

Fig. 9. Die eine Hälfte hat sich deutlich, der Quere nach, in zwei getheilt, — Bildung der Specialzellen.

Fig. 10. Ein Zustand, wo der Inhalt der 4 Specialzellen ein geronnenes Ansehen, durchs Wasser, erhalten und keine Zellmembranen wahrzunehmen sind.

Fig. 11. Tetraëdrische Lage der Specialzellen; eine jede mit einem Kern.

Fig. 12. Desgl., doch haben sich dieselben voneinander gesondert. Die Membran der Mutterzelle ist bedeutend verdünnt und gleichsam körnig.

Fig. 13. Junge Sporen, noch von der Mutterzellmembran umschlossen und in zwei Schichten, zu zwei parallel ihren Längsachsen, gelagert. In dreien von ihnen zu einem Zellkern zu sehen.

Fig. 14. Tetraëdrische Lage der voneinander gerückten Sporen.

Fig. 15. Beinahe völlig ausgebildete Sporen, die ihre Lage schon bedeutend verändert haben. In jeder noch ein Kern zu sehen. Die stark ausgedehnte Membran der Mutterzelle hält sie noch zusammen und zeigt eine doppelte, stellenweise körnige Contour.

Fig. 16—19. Polypod. vulgare L.

Fig. 16. Sporen, tetraëdrisch angeordnet, die vierte bei Veränderung der Einstellung sichtbar, mit deutlichen Kernen. Es umschliesst sie noch die Mutterzellmembran, die jedoch schon theilweise unsichtbar geworden.

Fig. 17. Spore mit tafelförmigen, bläulichen Hervorragungen.

Fig. 18. Vorgerückterer Zustand als in Fig. 16; der Kern viel kleiner.

Fig. 19. Spore, an der sich schon Hervorragungen bilden, der Kern aber noch sichtbar ist.

Fig. 20—21. Scolopendrium officinarum Sw.

Fig. 20. Junge, helldurchsichtige Spore mit wenigen Tropfen fetten Oels.

Fig. 21. Beinahe völlig reife Spore; die Erhebungen der Exine durchlöchert, der Inhalt braun und undurchsichtig.

Fig. 22—24. Aspidium Filix mas Sw.

Fig. 22. Unreife Spore, ohne Erhebungen, durch Aetzkali gelb gefärbt.

Fig. 23. Reife Spore; nach Behandlung mit Aetzkali die braune Spore heller und durchsichtiger.

Fig. 24. Wirkung der Schwefelsäure auf eine reife Spore: die Erhebungen werden glashell, besonders am äusseren Rande.

Fig. 25—27. Cibotium Schiedei Schltd.

Fig. 25. Erste Einwirkung der Schwefelsäure: gelbe Färbung der Spore. Die Exine scheint stark entwickelt.

Fig. 26. Wirkung des Aetzkali: gelbe Färbung der Spore und geschichtetes Aussehen der Exine.

Fig. 27. Längere Einwirkung der Schwefelsäure: Exine granatroth und geschichtet, das Innere schwarz, durch Anwesenheit von Luft.

Fig. 28—39. Osmunda regalis L.

Fig. 28. Seitenansicht einer reifen Spore, in Oelsüss; im Innern dunkelgrünes Chlorophyll.

Fig. 29. Reife Spore, bei welcher deutlicher die pyramidale Concavität zu sehen.

Fig. 30. Reife Spore, von oben gesehen: durch das dunkle Chlorophyll scheint ein Oeltropfen hindurch. An der Aussenseite der Exine einige Tröpfchen Oel.

Fig. 31. Wirkung des Aetzkali: Exine grünlich-gelb gefärbt; der Inhalt, noch von der Intine umschlossen, tritt durch den Riss der Exine heraus.

Fig. 31 a. Dieselbe Spore nach einiger Zeit: der Inhalt contourirt sich von der Intine.

Fig. 32. Wirkung des Aetzkali: die Spore platzt und lässt den Inhalt heraus.

Fig. 32 a. Durch rascheres Einwirken des Aetzkali ist der Inhalt, noch von der Intine umschlossen, herausgetreten; die Exine gelb gefärbt.

Fig. 33. Nach Anwendung von Aetzkali: die Exine bräunlich, durch den Riss derselben ein Oeltropfen im Inhalt, welcher nicht herausgetreten, zu sehen.

Fig. 34. Wirkung der Schwefelsäure: die Spore sinkt zusammen, die Exine färbt sich roth-orange; ihre Hervorragungen bleiben hell; aus dem Inhalte treten Oeltropfen hervor.

Fig. 34 a. Ein solcher Oeltropfen aus der Spore herausgetreten, von hellvioletter Färbung, die in ihm sichtbaren Kügelchen pfirsichrosa.

Fig. 35. Nach längerer Einwirkung von Jod und Zusatz concentrirter Schwefelsäure: die ganze Exine von schmutzig-ziegelrother Färbung (dieselbe Färbung bewirkt auch Schwefelsäure allein); ihre Erhabenheiten als kleine, verkohlte Punkte zu sehen; die aus dem Riss der Exine herausgetretenen Oeltropfen schmutzig gelb-olivenfarbig.

Fig. 35 a. Dieselben Oeltropfen nach längerer Zeit, — von brauner Färbung. (Dieselbe Erscheinung oftmals nach Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure allein.)

Fig. 36. Sogleich nach Anwendung verdünnter Schwefelsäure: beim Drücken des Deckglases, an der Stelle der drei Leisten, geplatzte Sporen, mit heraustretendem Inhalte.

Fig. 37. Nach Anwendung von Jod tritt das Chlorophyll durch den Riss der Exine heraus (bei Zusatz von Schwefelsäure wird letzteres entfärbt und aufgelöst); im Innern deutlich die Contour der Intine zu sehen, sowie zwei zurückgebliebene Oeltropfen.

Fig. 38. Zarter Querschnitt durch die Spore: die Exine allein zurückgeblieben, welche nach Behandlung mit Schwefelsäure roth-orange gefärbt, aber ihre äussere Schicht und die Hervorragungen ungefärbt erscheinen.

Fig. 39. Nach Anwendung von Essigsäure: Exine aufgequollen, Intine deutlich sichtbar; im Inhalte Chlorophyll und 2 Oeltropfen.

Nachschrift

zu dem Aufsatze

„Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Orchideenblüthe“.

Da ich erst in letzterer Zeit erfuhr, dass Reichenbach fil. in seiner ausgezeichneten Abhandlung über den Blüthenstaub der Orchideen auch die Entstehung der bursicula und des retinaculum, sowie der caudiculae, welche er zusammen die Hilfsorgane des Pollens nennt, besprochen hat, so kann ich nicht unterlassen, noch nachträglich auf diese Arbeit hinzuweisen, welche übrigens meine Untersuchung der Hauptsache nach bestätigt. Bei dem reichlicher zu Gebote stehenden Material hat jedoch der genannte Forscher gefunden, dass sich das retinaculum in sehr wenigen Fällen (bei Deroemera und Perularia) auch in der untersten Spitze des Antherenfaches bilden kann. — In Bezug auf die Caudiculabildung in den Vandeen kann ich aber nicht mit ihm übereinstimmen, wenn er annimmt, dass sich hier die oberste Schicht des rostellum in die caudicula umwandle. Ich glaube vielmehr, dass dieses Füsschen, wie es Darwin nennt, durchaus nichts gemein hat mit der eigentlichen caudicula, weder in Form der Zellen, noch in chemischer Beziehung, noch auch in der Bildungsweise, besonders da den Vandeen (wenigstens den von mir untersuchten) das eigentliche Viscin durchaus nicht mangelt, sondern in kleinen kurzen caudiculae am Grunde der Pollinien sitzt. Ich verweise z. B. auf meine Abbildungen von Lycaste (Taf. XVII, Figg. 37, 38) und meine Untersuchungen bei Acropera

und Trichopilia. Das Füsschen dient allerdings bei der Befruchtung einem ähnlichen Zweck, wie die langen caudiculae, es ist aber deshalb keineswegs identisch mit den letzteren, sondern verbindet, als ein eigenthümliches Zwischenglied, die caudiculae mit der glandula.

M. Laach, den 29. Juni 1865.

Th. Wolf, S. J.

Inhalt.

Der Blüthenstand der Juncaceen.

Von

Dr. **Franz Buchenau** zu Bremen*).

Von den reichen Ergebnissen der neueren phytomorphologischen Untersuchungen bricht sich besonders die Lehre vom Blüthenstande nur sehr langsam Bahn. Haben auch die Arbeiten von Röper, Braun, Schimper, Wydler, Irmisch, Döll u. A. ein ganz neues Licht auf die einschlagenden Verhältnisse geworfen, so bleibt doch hier noch immer viel zu thun übrig. Theils die Schwierigkeiten der Beobachtung, theils die mannichfache Verbindung der verschiedenen Verzweigungsweisen in den zusammengesetzteren Formen des Blüthenstandes, theils die noch immer herrschende Unklarheit über das richtigste Eintheilungsprincip bewirken, dass die neuere Lehre nur langsam und unvollständig Gemeingut der Botaniker wird und sich bis jetzt nur ganz einzeln in die Floren und ähnliche Werke Eingang verschafft hat, dass vielmehr noch immer die in vielen Fallen sehr ungenügende Linné'sche Nomenclatur gebraucht wird.

Bekanntlich hat Linné versucht, die Blüthenstände nach dem Gesammtumriss, der namentlich von der Dehnung der Achsenglieder abhängt, unter verschiedene Kategorieen zu bringen, welche er durch Hauptwörter bezeichnete. Dieses Verfahren musste, besonders da das gewählte Eintheilungsprincip nur einen secundären Rang hat, zur

*) Ich kann diesen Aufsatz nicht zum Drucke absenden, ohne einer Pflicht der Dankbarkeit zu genügen, nämlich der, Herrn Prof. Al. Braun in Berlin für seine mir bei dieser Arbeit gewährte Unterstützung meinen innigsten Dank zu sagen. Derselbe hat mir in der aufopferndsten Weise Aufklärungen über manche theoretisch mir zweifelhafte Punkte sowie werthvolle Winke für die Wahl der Kunstausdrücke gegeben und meine Arbeit auch sonst nach jeder Seite hin unterstützt.

Verwirrung führen. Die beschreibenden Botaniker empfanden es bald, dass die vorzugsweise Berücksichtigung der Dehnungsverhältnisse doch nicht genügte und fügten den Linné'schen Bezeichnungen, welche denn doch durch Linné's eminentes Naturgefühl in vielen Fällen das Richtige getroffen hatten, manche neue Ausdrücke hinzu. So entstand die grosse Buntscheckigkeit der Terminologie, an der wir leiden; ja es riss in manchen Fällen der Missbrauch ein, dass man eine bestimmte, in einer Familie vorherrschende Form mit einem technischen Ausdrucke bezeichnete und diesen dann allgemein für den Blüthenstand dieser Familie gebrauchte, selbst wenn einzelne Gattungen und Arten einen wesentlich verschiedenen Blüthenstand besitzen. So erging es z. B. dem Ausdrucke: Spirre, anthela, welcher uns in diesem Aufsatze vielfach beschäftigen wird, dem eine wirkliche Eigenthümlichkeit zu Grunde liegt. Er wurde, nachdem er von E. Meyer für manche Blüthenstände der Juncaceen eingeführt war, oft ohne weitere Untersuchung für alle Blüthenstände der Juncaceen gebraucht.

Zur Beseitigung dieses fehlerhaften Verfahrens wird es keinen besseren Weg geben, als die in Beziehung auf die Blüthenstände schwierigen Familien einzeln einer kritischen Bearbeitung zu unterziehen und dann die Resultate in die Beschreibungen aufzunehmen.

Zu einer solchen Durcharbeitung habe ich mir die Familie der Juncaceen ausgesucht. Ich sammle dieselbe seit einigen Jahren speciell und hoffe, sie künftig auch nach andern Seiten hin morphologisch und systematisch bearbeiten zu können. Auf den nachfolgenden Blättern lege ich dem botanischen Publikum eine Reihe von Beobachtungen über diesen Gegenstand vor. Bei der grossen Verschiedenheit der Verhältnisse, welche in dieser kleinen Familie vorkommt, war es nöthig, auch alle Arten, welche mir nur in Herbariumsexemplaren zugänglich waren, zur Vergleichung heranzuziehen. Ich erwähne dieselben aber nur an den betreffenden Stellen unter Hervorhebung grösserer Verschiedenheiten, da durch eine fortlaufende Aufzählung und Beschreibung aller von mir untersuchten Arten die Arbeit einen gar zu schleppenden Charakter erhalten haben würde. — Vorher sei in aller Kürze das literarische Schicksal der Blüthenstände der Juncaceen angegeben.

Linné erwähnt in seiner Philos. botan. unsere Pflanzen nicht besonders, bezeichnet aber in seinen Beschreibungen die Blüthenstände derselben mit dem Namen panicula, ebenso Rostkovius, der älteste Monograph (de Junco, dissert. inaug. Halae 1801). Der Letztere beging übrigens den für seine Arbeit verhängnissvollen Irrthum, dass

er die beiden Hochblätter am Grunde der Blüthe (welche ich Hüllblätter nenne) für den Kelch, die sechs Theile des Perigones für die Blumenkrone erklärte (z. B. pag. 3: Calyx. Gluma bivalvis, persistens, membranacea, valvulis subaequalibus oblongis acutis corolla duplo vel triplo brevioribus. Corolla. Hexapetala persistens, petalis lanceolatis acutis subaequalibus patentibus). Dass hiernach die ganze Rotte des J. lamprocarpus keinen Kelch, sondern nur eine Corolle haben würde, übersah Rostkovius.

Desvaux sagt in seiner Monographie der Gattung Luzula (Journ. de bot. 1808. I) auf pag. 134 Folgendes über den Blüthenstand bei dieser Gattung: Les Luzules sont des plantes vivaces . . . . . à fleurs en corymbe, solitaires ou groupées; en panicule tantôt lâche, tantôt spiciforme; chaque division du corymbe, ainsi que chaque fleur porte une bractée à son insertion. Hiermit ist, wie man sieht, nur sehr wenig gesagt. — Das Eigenthümliche der Blüthenstände unserer Pflanzen fasste zuerst E. Meyer auf; er führte in seiner Arbeit: Junci generis Monographiae specimen, Göttingen 1819, den Kunstausdruck „anthela“ ein, indem er pag. 11 erklärt:

Anthela denique mihi est inflorescentiae species, paniculae proxima, sed diversa rachi tam brevi, ut a plerisque ramulis longitudine superetur. Talem quilibet offert Juncus floribus pluribus longius pedunculatis. Eandem inflorescentiae speciem jam pridem a panicula separatam cl. Mertens[1]) nomine vernaculo ornavit — Spirre — ingeniosa metathesi formato ex — Rispe — Panicula. Plura de inflorescentiis ex ramificatione potius quam ex fallacissima forma totali distinguendis, alio loco proponere occasio erit.

In der zweiten Arbeit: Synopsis Juncorum rite cognitorum, Gött. 1822, sagt E. Meyer pag. 7 über denselben Gegenstand:

Flores, dum plures inflorescentiam constituunt, ad legem anthelae dispositi (quae a panicula et racemo differt racheos pedunculorumque mutua proportione inversa).

In der Synopsis Luzularum rite cognitarum, Gött. 1823 sagt derselbe Verfasser von dem Blüthenstande der Luzula-Arten, pag. 1:

Flores capitati, rarius spicati, capitulis spiculisve in anthelam, rarius in racemum collectis.

Meyer und Mertens fassten also den Begriff Spirre, anthela, als den einer Rispe mit Uebergipfelung der obern Zweige durch die

1) Wo Mertens diese Benennung vorgeschlagen hat, habe ich leider nicht auffinden können; es wird aber durch diese Stelle wahrscheinlich, dass eigentlich Mertens der Erste war, welcher diese Eigenthümlichkeit unserer Planzen charakterisirte.

untern. Hält man es für nöthig, diese Eigenthümlicheit durch einen besonderen Ausdruck zu fixiren, was mir allerdings zweifelhaft ist, so muss durchaus der Spirre diese Bedeutung bleiben; aber man darf nicht, wie dies zuweilen geschieht, Spirre, anthela, gleichbedeutend mit Blüthenstand der Juncaceen überhaupt gebrauchen, oder gar ganz heterogene Dinge, wie den Blüthenstand von Spiraea Aruncus, dahin ziehen.

Der vierte Monograph unserer Familie, Jean de Laharpe, äussert sich zwar nur mit wenigen Worten über den Blüthenstand derselben, doch legte er in denselben die wichtige, in den oben citirten, leider etwas unklaren Worten von Desvaux vielleicht schon angedeutete Beobachtung des allgemeinen Vorkommens eines nach hinten fallenden grundständigen Vorblattes nieder. (Ich werde es an allen Verzweigungen des Blüthenstandes mit Ausnahme der Einzelblüthen in den Köpfchen des J. lamprocarpus und der verwandten Arten nachweisen.) de Laharpe sagt nämlich in seinem Essai d'une monographie des vraies Joncées (Mémoires de la société d'histoire naturelle de Paris, 1825):

L'inflorescence des Joncs se prête difficilement à des considérations generales, tant elle est variée: disposées en panicules, thyrses, corymbes, épis ou têtes, les fleurs peuvent offrir toutes les nuances intermediaires, sans cependant que les divisions de la panicule ou du corymbe soient jamais rigoureusement verticillées ou opposées: chaque fleur, chaque pédicelle, chaque rameau de la panicule est entouré et soutenu à sa base par deux bractées alternes, dont l'une extérieure et plus grande, insérée sur le rameau principal, porte le ramuscule à son aisselle et enveloppe la seconde ou interne qui prend son point d'attache entre le ramuscule ou le pédicelle latéral et le rameau. La première de ces deux bractées est ainsi analogue à la feuille culméaire et la seconde à la première feuille du bourgeon axillaire.

de Candolle rechnet in seiner Organographie (deutsche Uebersetzung Bd. I, 1828, pag. 354) den Blüthenstand der Juncaceen zu den verästelten Trauben oder Rispen und charakterisirt die anthela (Bezug nehmend auf E. Meyer) dadurch, dass die Achse der Rispe sehr kurz, die Zweige dagegen sehr lang und sehr abstehend sind. (Das letzte Kennzeichen trifft bei einer Menge von Juncus-Arten nicht ein; ich erinnere nur an die sehr zusammengezogene Spirre von J. multiflorus Desf.) — Hernach bei den zusammengesetzten Blüthenständen sagt de Candolle pag. 359: „Bei den Juncus z. B., sowie auch bei

andern Pflanzen findet man häufig kopfförmige Blumen und diese Köpfchen zu einer verkürzten Rispe oder anthela zusammengestellt.“ Dies bezieht sich offenbar auf die Gruppe des J. lamprocarpus.

In Bischoff's grossem Werke: Handbuch der botanischen Terminologie und Systemkunde zeigt sich die Verwirrung, welche die vorzugsweise Berücksichtigung der Dehnungsverhältnisse bei den Blüthenständen zur Folge hatte. Bischoff weist (I. pag. 281 u. 290) darauf hin, dass verschiedene Blüthenstände nach einer oberflächlichen Aehnlichkeit mit dem Namen Spirre, anthela bezeichnet würden; er selbst rechnet diesen Blüthenstand zur Trugdolde: Cyma und sagt von ihm, pag. 300: „Bei der Gattung Juncus wird die meist etwas unregelmässige Trugdolde von mehreren neuern Schriftstellern Spirre (anthela) genannt und mit dem zusammengesetzten Blüthenstande bei Cyperus und Scirpus verwechselt, welcher aber gänzlich davon verschieden ist.“ (Durch Abbildungen werden dann erläutert: die gedrungene Doldentraube, J. effusus, Fig. 796, die geballte oder zusammengeknauelte, J. conglomeratus, Fig. 797 und die töpfchentragende J. obtusiflorus, Fig. 793.)

Aus Wydler's zahlreichen Arbeiten über die Blüthenstände ist mir Nichts in Betreff unserer Pflanzen bekannt; der nächste Schritt führt uns über einen langen Zeitraum hinaus zu der Arbeit von Ach. Guillard (Théorie de l'inflorescence) in dem Bulletin de la Société botanique de France 1857. Diese Arbeit, das Ergebniss langer Beobachtungen, ist der Versuch einer ganz neuen Theorie der Blüthenstände, welche sich wesentlich auf die Aufblühfolge stützt (pag. 2: je pensais . . . . . que le but à poursuivre devait être de découvrir les lois de la succession des fleurs . . . ., und pag. 13 . . . j'ai indiqué, que j'en traiterais exclusivement comme question d'ordre et de succession normale dans l'épanouissement des fleurs). Mit diesem verfehlten Grundgedanken ist sogleich das Schicksal der übrigen in mancher Beziehung sehr beachtenswerthen Arbeit besiegelt; sie versucht, eine Epoche von noch nicht einmal secundärem Werthe, ein Ereigniss, dessen früherer oder späterer Eintritt von einer Menge uns noch völlig unbekannter Momente abhängt und überdies bei nahe verwandten Arten oft sehr verschieden ist (ich erinnere nur an die Aufblühfolge bei Dipsacus von der Mitte aus, bei Orchis, bald von oben, bald von unten) zum Range eines entscheidenden Principes zu erheben und muss daher scheitern. — Die Blüthenstände unserer Pflanzen werden nur beispielsweise erwähnt, pag. 41 als pseudo-lateral und pag. 26 bei dem zusammengesetzten Blüthenstande: Botry-

Tricyme; Composées; Spiraea Aruncus L; Aralia L; Isatis L; Scirpus silvaticus L et autres Cyperacées; plusieurs Joncées. Da „la botrye“ bei Guillard die aufsteigende Entfaltung (l' inflorescence progressive), „Cyme“ aber die absteigende (l'inflorescence régressive) bezeichnet, so sind hier offenbar die Juncus-Arten der Gruppe des lamprocarpus gemeint, welche ächte Köpfchen besitzen.

Ascherson zählt in der Einleitung zu seiner Flora von Brandenburg I. pag. 19 die Spirre, anthela, zu den rispenartigen Blüthenständen und charakterisirt sie durch: „Nebenachsen sämmtlich die Hauptachse überragend und zwar die untersten am weitesten.“ Er bleibt also, wie dies auch ganz richtig ist, der Erklärung von Meyer getreu.

Ich komme nun zur neuesten Arbeit: Franz Krasán, Erläuterungen zum Verständniss der Spirre (Flora 1864, Nr. 10 u. 11). Sie ist, wie schon der Titel angiebt, dem Blüthenstande der Juncaceen speciell gewidmet, und doch kann ich mich auf eine nähere Besprechung derselben nicht einlassen. Ich halte sie nämlich für völlig verfehlt und glaube daher die Leser der Jahrbücher nicht mit einer Kritik der Arbeit (die eben fast Alles zu kritisiren haben würde) behelligen zu dürfen. Nur kurz sei angeführt, dass der Verfasser die ganze neuere Morphologie gar nicht kennt. Nur Röper und Guillard sind ihm geläufig, wenigstens führt er dieselben Streiche gegen „die Blende der Röper'schen Theorie“ wie Guillard. Nachdem er vergebens in den Lehrbüchern von Willkomm, Leunis und Bill, sowie in Schleidens Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik und Kützings Grundzügen der philosophischen Botanik nach einer genügenden Definition der Spirre gesucht hat, die ihm von vornherein als „eine Begriffseinheit“ erscheint, bestrebt er sich, das Wesentliche der Spirre durch Messungen zu fixiren. Dehnungsverhältnisse der Achsen und Entfaltungsfolge der Blüthen sind ihm die Hauptcriterien zur Eintheilung der Blüthenstände. „Die Spirre kann als eine Modifikation der Traube und diese umgekehrt als eine Modifikation der Spirre“ betrachtet werden. „Die Natur der Spirre liegt vermöge jener Reciprocität ausschliesslich in einem gewissen Längenverhältnisse zwischen den Seitenachsen und den anliegenden Theilen der Haupt- oder Mittelachse (Spindel).“ — Ich bin in der That Mathematiker genug, um mich zu freuen, wenn es gelingt, irgend welche Erscheinungen der Natur auf mathematische Gesetze zurückzuführen, aber ich muss mich doch entschieden dagegen erklären, die einfache Thatsache der Uebergipfelung durch weitläufige Formeln darzustellen oder gar durch vier lange Tabellen

„ideeller, aber innerhalb der Wahrscheinlichkeit liegender“ Zahlen zu erläutern, welche das Wachsthum zweier auf einanderfolgender Seitenachsen darstellen sollen, wie dies hier geschieht. Solche Tabellen mag man für sich an seinem Arbeitstische aufstellen, um sich etwas zu veranschaulichen, aber man verschone damit die wissenschaftliche Literatur. — Manches ist mir, ich gestehe es offen, in der Arbeit geradezu unverständlich geblieben, oder ist es mehr als Constructionsfehler, wenn der Verfasser pag. 117 sagt: „ein Umstand, wodurch sich die Inflorescenz der Cruciferen von der der andern monocotylen (!) Familien wesentlich unterscheidet“? — Die Krone setzt Krasan aber seiner Arbeit auf durch die nebenher, pag. 191, eingeführte Unterscheidung der Blüthenstände in racemöse (spiralige!) und cymöse (wirtelige!), wodurch zwei der botanischen Wissenschaft geläufige Kunstausdrücke plötzlich in einem ganz abweichenden Sinne erklärt werden. Ich empfehle dem Verfasser als Beispiele seiner Cyma Hottonia und Myriophyllum. — Wo so in den einfachsten Dingen nur Verkehrtes an die Stelle des guten Alten gesetzt wird, da ist keine Berechtigung zu Ausfällen gegen Röper, einen Mann, der zwar in seiner Eintheilung der Blüthenstände noch nicht das Richtige traf, von dem wir aber die wirklich genaue Untersuchung der Inflorescenzen zu datiren haben.

Ehe ich nun zur Darlegung meiner eigenen Beobachtungen übergehe, halte ich es für geboten, einige in den Blüthenständen unserer Pflanzen allgemein vorkommende Verhältnisse vorher zu besprechen und festzustellen, um der Weitläufigkeit überhoben zu sein, sie in jeder Gruppe von Neuem zu erörtern.

Fast jeder Zweig in der Blüthenregion der Juncaceen beginnt (Fig. 26) mit einem an der Basis sitzenden, nach hinten fallenden Vorblatte; es ist gewöhnlich weiss gefärbt, nur aus einer häutigen Scheide gebildet, welche in Folge davon, dass ihr Rücken der Mutterachse anliegt, zweikielig ist und oft auch in zwei Spitzen ausläuft. Dieses grundständige Vorblatt oder kürzer Grundblatt (prophyllum basilare) ist in allen Aufrissen der drei, diesem Aufsatze beigegebenen Tafeln durch einen starken schwarzen Strich angegeben, um es so von den andern Vorblättern unterscheiden zu können, ohne die Figuren mit Buchstaben zu überladen; in den Grundrissen und in Fig. 26 ist es mit α bezeichnet und tritt hierdurch sowohl, als durch die Andeutung seiner zweikieligen Form sehr deutlich hervor. Es

fehlt im Blüthenstande der Juncaceen nur den vorblattlosen Blüthen der Rotten des Juncus lamprocarpus, capensis und triglumis.

Oberhalb des Grundblattes folgen meist (gewöhnlich durch ein gestrecktes Interfolium von ihm getrennt) Vorblätter, aus deren Achseln die weitere Auszweigung stattfindet. Ihrer Ausbildung nach sind es Hochblätter, die untersten zuweilen wohl noch mit einer laubigen Spitze, die obersten den dicht unter der Blüthe stehenden sterilen Blattorganen gleichgebildet. In den Grundrissen sind sie mit a, b, c ... bezeichnet; wir wollen sie wegen ihrer Einschaltung zwischen das grundständige Vorblatt und die obersten sterilen Vorblätter die Zwischenblätter (prophylla intercalaria) nennen. Der Divergenz nach setzen sie meistens, namentlich wenn sie in geringer Zahl vorhanden sind, die durch das Grundblatt eingeleitete $\frac{1}{2}$ Stellung fort, gehen aber auch nicht ganz selten, namentlich wenn sie in grosser Zahl vorhanden sind, in Spiralstellung über. Sie wiederholen im Wesentlichen die Bildung der Bracteen an der Hauptachse und sind besonders bestimmend für den Charakter des Blüthenstandes. Im Falle ihres Fehlens (Fig. 21) gehört der Blüthenstand zur Klasse der Traube, indem dann eine Anzahl gleichwerthiger, nicht weiter verzweigter secundärer Achsen der Hauptachse untergeordnet ist. Sind sie in verschiedener, nach oben sich regelmässig vermindernder Anzahl vorhanden, so nimmt der Blüthenstand den Charakter der Rispe an. Tritt dann Uebergipfelung der oberen Achsen durch die unteren ein, so mag man den Blüthenstand immerhin Spirre (anthela) nennen (Fig. 16).

Ausser diesen beiden Hauptformen des Blüthenstandes finden sich aber auch noch zwei andere, bis jetzt nicht richtig erkannte, welche bald untergeordnet, bald den Gesammtcharakter der Inflorescenz bestimmend auftreten. Ich werde sie weiterhin noch eingehend zu würdigen haben und beschränke mich daher für jetzt auf einige Bemerkungen. Das Grundblatt ist zwar nicht immer, aber doch überwiegend häufig steril. Findet indessen in seiner Achsel Zweigbildung statt, so beginnt der Zweig wieder mit einem Grundblatte, welches nach hinten, also natürlich dem vorigen Grundblatte gegenüber, d. i. über die Bractee des primanen Zweiges fällt. Wiederholt sich eine solche Auszweigung mehrere Male, so erhält man eine Reihe von Zweigen, deren Vorblätter abwechselnd nach hinten und vorn (nach der relativen Hauptachse und der Bractee des ganzen Zweigsystems zu) fallen (Fig. 9). Diese Zweigstellung bezeichne ich mit dem Namen der Fächel (Rhipis, nach dem griechischen Worte ῥιπίς, Fächer). — Ein ganz anderes Verhältniss tritt bei fortge-

setzter Auszweigung aus der Achsel des zweiten Vorblattes (d. i. also des untersten Zwischenblattes, a) ein. Dieses divergirt von dem Grundblatte stets um $\frac{1}{2}$, fällt also nach vorn, über das Mutterblatt des Zweiges. Befindet sich in seiner Achsel ein Zweig, an diesem in der Achsel von a wieder ein Zweig u. s. f., so bildet sich eine Blüthenstellung, welche durch eine Reihe von hintereinander stehenden Blüthen charakterisirt wird (Fig. 19); ich bezeichne sie mit dem Namen der Sichel (Drepanum, von dem griechischen Worte *δρέπανον*)[1]). Die Berechtigung dieser neuen Ausdrücke werde ich später discutiren.

Der Blüthe der Juncaceen (mit alleiniger Ausnahme der Blüthen in den Köpfchen von Junc. lamprocarpus, capensis, triglumis und den Verwandten) gehen noch zwei sterile, immer unmittelbar unter der Blüthe sitzende Blätter voraus. Ihrer Bildung nach gehören sie der Hochblattformation an; sie sind einfach schaufelförmig gestaltet ohne laubige Spitze. An den Seitenblüthen gehören sie dem Kreise der Vorblätter an, deren oberste sie sind (ich deute dies in Fig. 26 und in den Grundrissen durch die Buchstaben y, z an); an der Endblüthe des Stengels sind sie natürlich keine eigentlichen Vorblätter; ich bezeichne sie einfach als Hüllblätter (folia involucralia).

Ich gehe nun zur Betrachtung der einzelnen Arten über und folge dabei für die Gattung Juncus der Anordnung in Steudel's Synopsis, für Luzula dagegen der Arbeit von E. Meyer in der Linnaea vol. XXII. Die Steudel'sche Arbeit ist zwar im höchsten Grade unkritisch, aber sie ist doch die neueste Zusammenstellung und trifft in der Anordnung der Juncus-Arten im Wesentlichen das Richtige, während sie in der Gattung Luzula die verwandtesten Dinge auseinander reisst.

Juncus.

1. Rotte.

Diese Rotte ist eine äusserst natürliche Gruppe; sie ist charakterisirt durch die blattlosen, an der Basis von Scheiden umgebenen Halme, sowie durch das laubige unterste Deckblatt des Blüthenstan-

1) Die beiden Ausdrücke Fächel und Sichel sind sprachlich den Ausdrücken Gabel, Wickel, Schraubel entsprechend gewählt. Das Charakteristische der Fächelstellung (wenigstens bei gestauchten untersten Interfolien) wird ein Blick auf Fig. 9 zeigen; bei der Sichel muss durch jede Biegung der Achse oder Abweichung der Divergenz von 90° eine sichelförmige Krümmung entstehen (Fig. 19).

des, welches, steil aufgerichtet, eine Scheinfortsetzung des Stammes bildet und dadurch den Stengel auf die Seite drängt. Auch der Bau des Blüthenstandes der hierher gehörigen Arten zeigt eine grosse Uebereinstimmung, obwohl er in seinem äussern Umrisse von der lockern und weit verzweigten Spirre von J. effusus durch die zusammengezogene von J. glaucus bis zu der geknäuelten von J. conglomeratus (forma genuina) und in der Reichblüthigkeit von dem sehr reichblüthigen Blüthenstande des J. vaginatus R. Br. bis zu dem meist 7blüthigen von J. filiformis und arcticus herabsinkt.

J. glaucus Ehrh. (Fig. 1, 2, 3, 4). Oberhalb des untersten Deckblattes (der Scheinfortsetzung des Stengels) tritt sogleich völlige Stauchung der Achsenglieder ein. An der Hauptachse findet sich eine ganze Reihe von Deckblättern (an dem Blüthenstande Fig. 1 sind deren 8 vorhanden), sie sind sämmtlich (natürlich mit Ausnahme des eben erwähnten untersten) wahre Hochblätter, meist mit ganz kurzer, nur selten grün gefärbter Spitze. Ihre Achselsprosse, obwohl dem Grade der Abstammung nach gleichwerthig (primane Zweige), sind an Grösse und Stärke der Auszweigung sehr verschieden. Die untersten sind bei weitem die stärksten; die Grössenabnahme nach oben geschieht sehr rasch; jeder von ihnen übergipfelt alle höhern Zweige sowie die Endblüthe (t)[1]). — Das zweite Interfolium (oberhalb des Grundblattes) ist stets gestreckt. Auf dasselbe folgen einige Zwischenblätter, deren Anzahl von unten nach oben rasch abnimmt; so hat z. B. in Fig. 1 der unterste primane Zweig 5, der zweite 4, der dritte 2, der vierte 2, der fünfte 1, der sechste 1, der siebente und achte keins. Ihre Achselsprosse (die secundanen Zweige) werden meist sogleich durch Blüthen abgeschlossen; nur in den untersten Theilen des Blüthenstandes kommen tertiane Zweige und noch seltener quartane vor (der unterste Zweig von Fig. 1 zeigt Auszweigung bis zum dritten, oder wenn wir die Hauptachse mitrechnen, bis zum vierten Grade).

Dicht unter jeder Blüthe stehen die zwei häutigen, sterilen Hüllblätter. Die Blüthe ist so gegen sie gestellt, dass ein äusserer Perigontheil über das untere (vorletzte) Hüllblatt fällt (Fig. 3, 4). Ist der Seitenspross auf eine Blüthe beschränkt (in Fig. 1 die primanen Zweige 7 u. 8), so gehen derselben mit Nothwendigkeit voraus: das Grundblatt und die beiden Hüllblätter (Fig. 3). Gewöhnlich aber schiebt sich zwischen jenes und diese noch ein nach vorn (über die Bractee) fallendes Zwischenblatt ein, aus dessen Achsel eigentlich die

1) In Fig. 1 u. 2 konnten diese Dehnungsverhältnisse nicht unverändert wiedergegeben werden, da sonst die Zeichnung völlig unverständlich geworden wäre.

weitere Auszweigung erfolgen sollte, wie ein dort stets sich vorfindendes Büschelchen verkrüppelter Blätter beweist. Man findet daher unter den Seitenblüthen gewöhnlich drei dichtgedrängt stehende Hochblätter (scheinbar drei Hüllblätter) und nur die wirklichen Endblüthen (d. h. diejenigen Blüthen, denen eine Anzahl von Zwischenblättern mit Zweigen vorausgegangen ist) haben zwei Hochblätter (die Hüllblätter) unter der Blüthe, obwohl auch bei ihnen zuweilen drei Hüllblätter vorhanden zu sein scheinen, wenn nämlich der Zweig in der Achsel des obersten Zwischenblattes verkrüppelt. — Ich betone diesen Punkt besonders, weil er für die Stellung der Blüthe gegen ihr Mutterblatt entscheidend ist. Bei drei der Blüthe vorausgehenden Vorblättern (Fig. 3) fällt nämlich ein äusserer Perigontheil nach vorne, über das Mutterblatt. Bei vier Vorblättern (d. i. bei der Einschaltung eines Zwischenblattes, Fig. 4) aber fällt ein äusserer Perigontheil nach hinten, nach der Achse zu. Die Stellung der Blüthe in beiden Fällen und überhaupt, je nachdem die Zahl der Vorblätter eine ungrade oder grade ist, ist also eine um 180° verschiedene. Indessen ist hierbei hervorzuheben, dass für die Stellung der Blüthe von Juncus nicht ihre Beziehung zur Achse (beziehungsweise zur Bractee), sondern der Uebergangsschritt vom obersten Hüllblatte zum ersten Kelchblatte massgebend ist. Dieser Uebergangsschritt ist aber bei allen Juncaceen derselbe, nämlich $\frac{2+\frac{1}{2}}{3} = \frac{5}{6}$ (worauf Al. Braun schon im Jahre 1835 [Flora Nr. 10] aufmerksam gemacht hat). — Zugleich liegt in diesem Punkte ein Unterschied von J. glaucus einerseits, effusus und conglomeratus andererseits, der zwar nicht völlig durchgreifend ist, aber doch hervorgehoben zu werden verdient. Bei den beiden letztgenannten Arten haben die Seitenblüthen nämlich meist nur drei Vorblätter (das Grundblatt und die beiden Hüllblätter); es überwiegt also der im Fig. 3 dargestellte Fall, während bei J. glaucus, wie schon erwähnt, das Vorkommen von vier Vorblättern (Grundblatt, ein Zwischenblatt, zwei Hüllblätter, Fig. 4) das häufigste ist.

Wir haben nun noch die Zweigbildung aus der Achsel des Grundblattes zu betrachten; sie ist für J. glaucus und die nächstverwandten Arten besonders charakteristisch, da bei den meisten Juncaceen das Grundblatt steril ist. Das Grundblatt umgiebt die Basis des Zweiges in Form einer nach hinten fallenden, ihn völlig umschliessenden weissen, zweikieligen und zweispitzigen Scheide; in seiner Achsel entspringt ein neuer Zweig (s. Fig. 1 u. 2; in Fig. 1 ist dieser Zweig mit derselben Ziffer bezeichnet, als der, an welchem er entspringt, jedoch mit Hinzufügung des Buchstabens a, z. B. 1^a entspringt aus

der Achsel des Grundblattes von 1, 2^a aus 2 u. s. f.; der Ordnung nach sind 1^a, 2^a, 3^a, u. s. w. Secundanzweige). Sein Grundblatt fällt natürlich dem Grundblatte des primanen Zweiges gegenüber, also nach vorn, über die Bractee. Im Uebrigen gleicht er dem primanen Zweige in allen Stücken, nur dass er weit schwächer ist als dieser und von ihm übergipfelt wird. Mit der Bildung dieser secundanen Zweige aus α ist eine Fächelstellung eingeleitet, welche sich bei J. glaucus aber nicht weiter fortsetzt, was bei J. effusus und conglomeratus öfters der Fall ist.

J. effusus L. Blüthenstand im Wesentlichen eben so gebaut wie der von J. glaucus, aber in allen Verzweigungen weit reicher. So finden sich z. B. nicht selten mehr als 20 primane Zweige; die untersten derselben sind sehr stark, die mittleren schwächer verzweigt, die obersten auf eine Blüthe reducirt. An den untersten Zweigen steigt die Auszweigung nicht selten bis zur 5. oder 6. Generation.

J. conglomeratus L. stimmt im Baue des Blüthenstandes mit J. effusus überein; doch ist derselbe fast immer mehr geknäuelt. Hierzu trägt die starkentwickelte Fächelstellung (zwei auch drei Generationen in den Achseln der Grundblätter sind nicht selten) viel bei; ausserdem sind aber auch die zweiten Interfolien der Zweige (zwischen dem Grundblatte und dem untersten Zwischenblatte, beziehungsweise dem untersten Hüllblatte) viel weniger gestreckt als bei J. effusus.

Für das Studium der Entwickelung des Blüthenstandes ist der Augenblick der geeignetste, wann der Blüthenstand aus der Scheidenspalte des untersten Deckblattes (der Scheinfortsetzung des Stengels) hervorbricht. Dann sieht man deutlich, dass die Entwickelung eine rein aufsteigende ist; je tiefer ein Zweig entspringt, desto mehr ist er in seiner Entwickelung gefördert; an ihm sind wieder die untersten Zweige die kräftigsten u. s. w. Dasselbe, was später durch die stärkere Entwickelung der untern Zweige dauernd wird, drückt sich auf dieser Stufe durch die verschiedene Ausbildung aus. Alle Zweige sind übrigens auf ihrer obern Seite flach gedrückt.

Was die Aufblühfolge angeht, so ist wieder die relative Endblüthe mehr gefördert als die zugehörigen Seitenblüthen. Aber es ist oft schwer, sich eine bestimmte Vorstellung von ihrem Gange zu machen. Namentlich bei J. effusus öffnen sich manchmal die meisten Blüthen fast gleichzeitig, so dass sich hierin kaum ein bestimmter Fortschritt wahrnehmen lässt.

J. balticus Willd. Blüthenstand im Wesentlichen gleich dem

von J. glaucus, aber in allen Theilen, sowohl der Anzahl der Zweige, als der Blüthen an ihnen, ärmer. Fächelbildung habe ich nicht beobachtet; Sichelstellung (fortgesetzte Auszweigung aus dem untersten Zwischenblatte) kommt zwar vor, umfasst aber selten mehr als 2—3 Glieder und ist wenig hervortretend. Die Uebergipfelung innerhalb der einzelnen Theile des Blüthenstandes ist äusserst regelmässig, da die zweiten Interfolien ziemlich gleich lang gestreckt sind. Den Seitenblüthen gehen ausser dem Grundblatte nur die beiden Hüllblätter voraus.

J. compressus H. B. K., der im Uebrigen der vorigen Art nahe steht, unterscheidet sich darin sofort von ihr, dass die Sichelstellung viel mehr hervortritt; sie findet sich an allen stärkern Zweigen und ist trotzdem, dass sie nicht viele Glieder umfasst (meist 2 oder 3), doch in Folge des dichten Hintereinanderstehens der Blüthen sehr deutlich. Die Seitenblüthen besitzen vier Vorblätter; das Zwischenblatt steht aber gewöhnlich nicht dicht unter den Hüllblättern, sondern etwas tiefer.

J. filiformis L. (Fig. 5, 6). Der Blüthenstand dieser Art und des nahe verwandten J. arcticus zeigt den äussersten Grad von Vereinfachung, welcher bei den nach dem Schema von J. glaucus gebauten Blüthenständen vorkommt, ist aber gerade darum sehr instructiv. — Der ganze Blüthenstand hat selten mehr als $1\frac{1}{2}$ cm Länge und wird von dem aufgerichteten, laubigen Deckblatte um das Vier-, Fünf- und Mehrfache überragt. Die Blüthenzahl beträgt überwiegend häufig 7; auch 6, 5 und noch weniger finden sich, sehr selten aber mehr. Fig. 5^b stellt den häufigsten Fall des Vorkommens von 7 Blüthen dar. Die Hauptachse hat vier Zweige und wird dann durch eine Endblüthe abgeschlossen. Die beiden untersten Zweige besitzen ein Zwischenblatt, ehe sie durch eine Blüthe abgeschlossen werden, die beiden obern sind auf eine Blüthe mit vorhergehendem Grundblatte und zwei Hochblättern reducirt. Man beachte, dass in Folge hiervon die beiden untern Seitenblüthen die entgegengesetzte Stellung zur Achse haben, als die beiden obern; bei jenen fällt der äussere unpaare Perigontheil der Achse zu, bei diesen von der Achse weg (vergl. die Grundrisse in Fig. 6); auch an der Stellung der Hüllblätter lässt sich diese Verschiedenheit leicht wahrnehmen. Trotz der geringen Dehnung der Achsenglieder zeigt sich die Uebergipfelung der obern Theile durch die unteren auch hier deutlich. — Fächel- und Sichelstellung fehlt natürlich.

J. arcticus Willd. (Fig. 7). Blüthenstand ganz ebenso gebaut

wie bei J. filiformis. Die Interfolien sind gewöhnlich noch mehr verkürzt, so dass die Blüthen einen dichtgedrängten seitlichen Büschel bilden; die Blüthenzahl ist ebenfalls gering, steigt aber doch nicht selten über 7. Fig. 7 stellt einen achtblüthigen Blüthenstand dar, der unterste Zweig hat zwei Seitenblüthen und eine Endblüthe. Die Stellung der letztern zur Achse ist, da ihr zwei Zwischenblätter vorausgehen, ebenso wie die der Blüthen ohne Zwischenblatt; es fällt ein äusserer Perigontheil nach vorn, von der Achse weg.

Von den andern in diese Gruppe gehörenden Arten habe ich untersuchen können: J. vaginatus R. Br., pauciflorus R. Br., Antonianus Steud. (den ich für identisch mit J. andicola Hooker halte, wo dann allerdings dieser Name vorangestellt werden müsste), pallidus R. Br., procerus E. M., Valdiviae Steud., sowie den J. glaucus β paniculatus Hoppe (als Art) und den J. diffusus Hoppe (effuso-glaucus). Sie alle stimmen bis auf einzelne Verschiedenheiten, welche sich zur specifischen Charakterisirung der Arten wohl gebrauchen lassen, mit den vorher betrachteten Arten überein. Den kräftigsten Blüthenstand von allen hat der J. vaginatus R. Br., eine äusserst stattliche Pflanze. Bei J. glaucus β paniculatus beruht das eigenthümlich Lockere des Blüthenstandes nicht allein auf der sehr starken Dehnung der zweiten Interfolien, sondern auch auf der starken Verkürzung der dritten, in Folge deren die Blüthe dicht über der Ursprungsstelle des Zweiges sitzt, also keinen besonderen Stiel zu haben scheint. Bei J. Antonianus Steud., dessen Blüthenstand sehr zusammengezogen ist, tritt die Sichelstellung in den letzten Auszweigungen sehr deutlich hervor. Eine besondere Eigenthümlichkeit zeigt J. procerus E. M. Bei ihm stehen die Blüthen nämlich scheinbar im Köpfchen und der Blüthenstand erinnert daher an einen aus der Gruppe des lamprocarpus. Es erklärt sich dies auf folgende Weise: Die zweiten Interfolien der primanen Zweige sind stark, die der secundanen noch mässig entwickelt; sobald aber die Achsen durch Blüthen abgeschlossen werden, sind sämmtliche Interfolien so stark verkürzt, dass die Blüthen büschelweise bei einander sitzen. Von wirklichen Köpfchen ist aber hierbei keine Rede; die Verkettung ist vielmehr gerade so wie bei J. glaucus. — Bei allen zuletzt genannten Arten ist es Regel, dass die Seitenblüthen vier Vorblätter (Grundblatt, Zwischenblatt mit einer Zweiganlage in seiner Achsel und zwei Hüllblätter) haben.

2. Rotte.

Die Stengel dieser Pflanzen sind nur am Grunde beblättert; die Blätter sind Scheiden mit verschieden langen, halbrunden, nicht durch Querscheidewände gegliederten Scheiben. Die Samenschale ist beiderseits in ein häutiges Anhängsel erweitert. Die Blüthenstände sind sehr verschieden von denen der vorigen Rotte. Neben der rispigen Auszweigung aus den Zwischenblättern ist hier die Fächelstellung besonders wichtig; die Blüthen sitzen vorblattlos in den Achseln der Deckblätter und bilden wenigblüthige Köpfchen. — Ich kenne aus dieser Rotte nur J. maritimus und acutus.

J. maritimus Lam. (Fig. 8). Das unterste Deckblatt richtet sich mit einer laubartigen Spitze als Fortsetzung des Stengels auf; da es aber an Länge äusserst schwankend ist (bald den Blüthenstand weit überragt, bald nur so lang, bald gar kürzer ist), so erscheint auch der Blüthenstand mehr oder weniger trugseitenständig. Das zweite Deckblatt hat gewöhnlich noch eine laubige Spitze; die folgenden sind wahre Hochblätter, trockenhäutig, schmal, nach oben an Grösse rasch abnehmend. Die Interfolien der Hauptachse sind gestaucht (an einem Blüthenstande mass die Hauptachse vom untersten Deckblatte an 15 mm und besass 11 Zweige). Die unteren Zweige übergipfeln die oberen sehr regelmässig. Die primanen Zweige zeigen mit Ausnahme der obersten, schwächsten stets Auszweigung aus dem Grundblatte, doch setzt sich dieselbe nicht weiter fort (wie dies bei J. acutus regelmässig der Fall ist). Diese den Grundblättern angehörigen Zweige sind stets schwächer als ihre Mutterachsen, wie z. B. nachstehende Tabelle zeigt, welche sich auf einen noch nicht ganz entwickelten Blüthenstand bezieht:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	98	64	46	36	29	22	16	13	10	6	4	4
b	—	33	26	20	15	11	7	6	—	—	—	—

a bedeutet die Länge des primanen Zweiges, b die des zugehörigen secundanen (aus der Achsel des Grundblattes); die Zahlen geben die Länge in mm an. Der erste Zweig besass in der Achsel des Grundblattes keinen secundanen; die zu 9, 10 und 11 gehörigen waren sehr klein und noch völlig in den Achseln der Grundblätter verborgen; 12 ist das noch wenig entwickelte Endköpfchen.

An den Zweigen ist das Interfolium oberhalb des Grundblattes gestreckt; dann folgen eine Anzahl von Zwischenblättern, mit denen sich im Wesentlichen die Bildung der Hauptachse wiederholt. Durch die Streckung der zweiten Interfolien rücken die verschiedenen Achsensysteme auseinander; da aber die höheren Systeme stets sehr steil (unter spitzen Winkeln) aus den vorigen hervorgehen, so erhält die ganze Verzweigung doch nichts Sparriges. Die untersten Zweige verzweigen sich bis zur fünften oder sechsten Ordnung, die obern natürlich weniger. — Oberhalb der Zwischenblätter folgen an dem Zweige nicht Hüllblätter, sondern Deckblätter, in deren Achseln die vorblattlosen Blüthen stehen. In der Form schliessen sich diese Deckblätter an die obersten kleinen Zwischenblätter an, sie sind hohle zugespitzte Blätter von strohgelber Farbe. Die Zahl der Blüthen einer Achse beträgt 2, 3, selten 4; die Blüthen bilden also ein armblüthiges Köpfchen. Eine Endblüthe fand ich nicht; die oberste Blüthe des Köpfchens besitzt gewöhnlich scheinbar zwei Hüllblätter, aber eine genauere Untersuchung zeigt, dass das eine dieser Blätter die Bractee der Blüthe ist, das andere dagegen mit ihr gar Nichts zu thun hat, sondern eine nächsthöhere Bractee ist, in deren Achsel aber nicht eine ausgebildete Blüthe, sondern nur eine ganz verkrüppelte Blüthenanlage sitzt (Fig. 8 bei *). Oberhalb dieser Blüthenanlage erlischt die Axe ohne Endblüthe. — Fig. 8 stellt einen der letzten Seitenzweige dar, welcher sich nicht weiter verzweigt, sondern oberhalb des Grundblattes und des darauf folgenden gestreckten Interfoliums sogleich Bracteen mit Blüthen trägt; die Zwischenblätter fallen also an diesem Zweige aus. Besondere Aufmerksamkeit verdient noch eine scheinbare Ausnahme, dass nämlich die unterste Blüthe eines Köpfchens drei oder gar vier Vorblätter zu haben scheint. Wir haben es hier (Fig. 8[a]) in Wirklichkeit mit einem einblüthigen Köpfchen zu thun; es besitzt zuerst das nach hinten fallende Grundblatt, dann nach einem nur sehr wenig gestreckten Interfolium die Bractee, in deren Achsel die einzige Blüthe sitzt, dann ihr gegenüber eine zweite Bractee mit einer Blüthenanlage in der Achsel und endlich noch eine gewöhnlich sehr kleine Bractee, welche der Blüthe den Rücken zuwendet. Die Blüthe drängt die höhern Bracteen sammt dem Achsenende auf die Seite und erscheint dann als terminal, was sie durchaus nicht ist. Namentlich täuschend ist dies Verhalten, wenn (bei J. maritimus seltener als bei J. acutus) das zweite Interfolium noch ziemlich gestreckt ist und daher das, was in Wahrheit ein einblüthiges Köpfchen ist, als eine gestielte Endblüthe erscheint. Dann

tritt ein durchaus analoges Verhältniss ein, wie ich es für Empetrum nigrum in der Bot. Zeitung 1862 Nr. 37 beschrieben habe.

Die Stellung der Blüthe gegen das Deckblatt ist so, dass ein äusserer Perigontheil über dasselbe fällt, die zwei andern dagegen nach hinten, nach der Achse zu (Fig. 11). Dies gilt für alle Juncaceen, deren Blüthen vorblattlos in der Achsel eines Deckblattes stehen. Gewöhnlich ist die Blüthe im Querschnitte nicht cylindrisch, sondern durch das Hervortreten der Mittelrippen an den äusseren Perigontheilen stumpf dreiseitig, und es fällt dann eine Kante nach vorn über das Mutterblatt, eine Fläche nach hinten, der Achse zu.

J. acutus Lam. (Fig. 9). Stimmt im Wesentlichen mit J. maritimus überein, wesshalb ich im Folgenden hauptsächlich nur die abweichenden Punkte hervorhebe. — Das unterste Deckblatt übergipfelt den Blüthenstand meist nicht stark und drängt ihn dabei auf die Seite; da aber das zweite auch noch gross ist, so fassen sie den Blüthenstand gewöhnlich zwischen sich, und er erscheint dann nicht trugseitenständig, sondern terminal. — Aeusserst charakteristisch ist für diese Pflanze die Fächelstellung. Die Grundblätter sind trockenhäutig, röthlich mit weissen Rändern. In der Achsel des untersten Deckblattes fand ich wiederholt vier fächelartig verbundene Zweige (Fig. 9). Ihre Grundblätter fallen natürlich abwechselnd nach hinten und vorn; sie sind eng in einander geschachtelt (in Fig. 9 sind sie auseinander gefaltet dargestellt), und da sie mit dem Rücken der relativen Mutterachse anliegen, so sind sie zugleich sehr stark rinnenförmig. Durch diese Fächelstellung erhält der Blüthenstand etwas ungemein Dichtes, Gedrängtes; er erinnert zur Fruchtreifezeit in seinem Umrisse an eine Weintraube.

Oberhalb des Grundblattes folgen nach einem mässig gedehnten Interfolium einige (bei den stärksten Zweigen 4—5) nahe zusammengerückte Zwischenblätter (Fig. 9'). Ihre Achseltriebe beginnen wieder mit Fächelbildung, haben aber selten mehr als 1 oder 2 solcher Zweige; diese sind dann meist schon klein und schliessen mit einem zwei- (seltener ein- oder drei-) blüthigen Köpfchen ab. Auch diejenigen Zweige, welche sich aus den Mittelblattern verzweigt haben, sowie die Hauptachse des ganzen Blüthenstandes schliessen mit einem derartigen, meist zweiblüthigen Köpfchen ab. — Im Bau der Köpfchen und der Stellung der Einzelblüthen stimmt diese Art ganz mit J. maritimus überein; nur sind die Verhältnisse bei J. acutus noch deutlicher und leichter zu erkennen.

3. Rotte.

Zu dieser Gruppe, welche durch beblätterte Halme, runde nicht querfächerige Blätter und ungeschwänzte Samen charakterirt ist, gehört nur eine Art:

J. multiforus Desf. Sie stimmt im Baue des Blüthenstandes mit J. glaucus überein, doch ist derselbe sehr viel stärker verzweigt und reichblüthiger. Die Zweige sind steil aufgerichtet, wodurch der Blüthenstand etwas ungemein Gedrängtes erhält. Fächelstellung beobachtete ich nicht. Die Seitenblüthen haben vier Vorblätter (s. J. glaucus). Diese, sowie die Bracteen sind ziemlich gross und liegen den Blüthen dicht an; sie sind strohgelb gefärbt, mit breiten trockenhäutigen Säumen und geben, zusammen mit den strohgelben Perigontheilen, dem Blüthenstande ein eigenthümliches, blasses Aussehen.

4. Rotte.

Die Arten dieser Gruppe sind durch cylindrische oder halbcylindrische Laubblätter, welche inwendig durch Querscheidewände gegliedert sind, charakterisirt. Im Baue des Blüthenstandes unterscheiden sie sich dadurch von den Arten der ersten Gruppe, dass Köpfchen an die Stelle der Einzelblüthen treten; dadurch werden die Pflanzen mindestens zweiachsig, während die Arten mit Einzelblüthen einachsig sein können. In der Anzahl der Köpfchen finden sich die allergrössten Schwankungen; von einem Gipfelköpfchen steigt die Zahl bis zu einer vielfach zusammengesetzen Spirre mit hundert und mehr Köpfchen. Die Blüthen in den Köpfchen sind deckblattlos, ihre Stellung wird durch das Diagramm Fig. 11 angegeben. Eine Gipfelblüthe kommt nicht vor, dagegen findet sich sehr gewöhnlich im Centrum des Köpfchens ein kleiner Büschel vertrockneter Hochblätter. — Grundblätter und Zwischenblätter finden sich an den Zweigen ebenso wie an den Blüthenständen der andern Gruppen. Hüllblätter finden sich aber natürlich nicht; statt ihrer folgen oberhalb der Zwischenblätter die Bracteen der Köpfchen.

J. lamprocarpus Ehrh. (Fig. 10). Gewöhnlich 5 oder 6 nach oben an Grösse rasch abnehmende Zweige, welche nach $\frac{2}{5}$ gestellt sind; sie sind zur Blüthezeit aufgerichtet, stehen aber zur Zeit der Fruchtreife sparrig ab. Die beiden untern Zweige besitzen gewöhnlich mehrere (3—4) secundane, die mittlern einen, die obern keinen secundanen Zweig; alle werden, ebenso wie die Hauptachse, durch ein Köpfchen abgeschlossen; tertiane Achsen kommen nur an den unter-

sten Zweigen vor; sie schliessen sogleich mit einem Köpfchen ab. — Die Glieder der Hauptachse zwischen den Zweigen sind nicht völlig gestaucht. Das unterste Deckblatt ist grünlaubig, in der Spitze mit Querscheidewänden. Die Anzahl der Blüthen schwankt in den Köpfchen um 10; es kommen 1—2 weniger oder mehr vor. Die Blüthen scheinen nach $\frac{2}{5}$ zu stehen, doch ist dies ihrer gedrängten Stellung und der dadurch eintretenden Verschiebungen wegen nicht mit Sicherheit zu bestimmen. — Der Verzweigung und der Köpfchenzahl nach schwankt der Blüthenstand dieser Art innerhalb weiter Grenzen.

J. silvaticus Reichard. In allen wesentlichen Stücken mit dem vorigen übereinstimmend. Köpfchen kleiner, Verzweigung dagegen im Allgemeinen weit reicher, indessen begründet dies keinen festen Unterschied, da bei beiden Arten reicher verzweigte und ärmlichere Exemplare vorkommen. Köpfchen meist ebenfalls zehnblüthig. Deckblätter fast ganz häutig; Blüthen klein. Beispielsweise will ich hier die Zahlen für die Verzweigung eines gar nicht ungewöhnlich starken Blüthenstandes anführen. Er besass 12 primane Zweige, nach $\frac{2}{5}$ gestellt.

1. primaner Zweig trägt	9	secundane	und insgesammt		32	Köpfchen
2. „ „ „	6	„	„	„	18	„
3. „ „ „	4	„	„	„	8	„
4. „ „ „	3	„	„	„	4	„
5. „ „ „	3	„	„	„	4	„
6. „ „ „	1	„	„	„	2	„
7. „ „ „	1	„	„	„	2	„
8. „ „ „	0	„	also	nur	1	„
9. „ „ „	0	„	„	„	1	„
10. „ „ „	0	„	„	„	1	„
11. „ „ „	0	„	„	„	1	„
12. „ „ „	0	„	„	„	1	„
Endköpfchen					1	„

d. i. im Ganzen 76 Köpfchen; auf jedes 10 Blüthen gerechnet, gabe 760 Blüthen.

Die Verzweigung des 1. primanen Zweiges war folgende:

1. secundaner Zweig trägt	4	tertiane	und	8	Köpfchen
2. „ „ „	4	„	„	8	„
3. „ „ „	2	„	„	5	„
4. „ „ „	2	„	„	3	„
5. „ „ „	1	„	„	2	„

6. secundaner Zweig trägt 1 tertiane und 2 Köpfchen
7. „ „ „ 0 „ also 1 „
8. „ „ „ 0 „ „ 1 „
9. „ „ „ 0 „ „ 1 „
Endköpfchen . . . . 1 „

giebt 9 secundane Zweige und 32 Köpfchen.

J. atratus Krocker. Das unterste Deckblatt ist als scheinbare Fortsetzung des Stengels aufgerichtet, vermag aber nicht, den Blüthenstand auf die Seite zu werfen. Zweige nach $\frac{1}{2}$, mit Ausweichung der obern nach $\frac{2}{5}$. Bracteen und Perigontheile tiefbraun gefärbt. Stiele der Einzelblüthen sehr kurz (bei silvaticus etwa $\frac{1}{5}$ von der Länge der Blüthe, hier noch kürzer). Köpfchen meist nur 8-, doch auch 9- und 10blüthig. Obere Seite der Blüthen auffallend flachgedrückt. — Ein Blüthenstand hatte unterhalb des Endköpfchens 11 Zweige und im Ganzen 120 Köpfchen (à 8 Blüthen gäbe 960 Blüthen).

J. alpinus Vill (Fig. 13). Im Wesentlichen mit J. silvaticus übereinstimmend; Zweige gewöhnlich steil aufgerichtet. Die Inflorescenzen der Exemplare aus den Alpen sind meist schwach, die der Pflanzen aus den Niederungen stark verzweigt. — 9—11 primane Aeste, die beiden untersten nach $\frac{1}{2}$, die folgenden spiralförmig gestellt mit steigender Divergenz. Interfolien der Hauptachse nicht völlig gestaucht, aber rasch an Grösse abnehmend. An einem kräftigen Exemplare betrug z. B. die Entfernung vom untersten Zweige bis zum Endköpfchen 2 cm, davon kamen auf das unterste Interfolium 5, auf das zweite und dritte je $2\frac{1}{2}$ mm u. s. w. Folgende Zahlen werden von den Dehnungsverhältnissen der Achsen eine genügende Vorstellung geben; sie sind einem kräftigen Exemplare entnommen:

a) Länge der primanen Zweige:

1) 93 mm 2) 56 3) 44 4) 33 5) 26 6) 23 7) 22 8) 16 9) 14 10) 12 11) 11 mm

b) Länge der zugehörigen Interfolien der Hauptachse:

$6\frac{1}{2}$ mm $3\frac{1}{2}$ 2 $1\frac{1}{2}$ 1 $\frac{3}{4}$ zusammen $2\frac{3}{4}$ mm

Die ersten Bracteen der Köpfchen sind an schwächern Zweigen noch sehr deutlich nach $\frac{1}{2}$ gestellt, dann folgt Spiralstellung. Die Blüthenzahl schwankt meist zwischen 4 und 7; ich besitze aber eine Form, bei der sie fast durchweg auf 2 herabgesunken ist.

J. obtusiflorus Ehrh. Der dieser Species eigenthümliche Charakter beruht auf der Reichblüthigkeit der Köpfchen (15, 20 und mehr Blüthen), der sehr starken Verzweigung und auf der Richtung der Aeste, welche namentlich zur Fruchtreifezeit rechtwinklig abstehen. Manche

Achsen sind dann überdies zurückgekrümmt. — In den letzten Graden der Auszweigung folgen sich oft mehrere Generationen von Köpfchen in Sichelstellung (aus der Achsel des untersten Zwischenblattes).

J. pygmaeus Rich.[1]) Die Pflanze unterscheidet sich in ihren vegetativen Verhältnissen zwar sehr von J. lamprocarpus und den verwandten Arten, aber der Blüthenstand ist nach denselben Gesetzen gebaut; auch hier bilden die Blüthen zusammen Köpfchen und stehen vorblattlos in den Achseln der Bracteen. — Meist hat der Stengel ein Endköpfchen und ein Seitenköpfchen. Bei schwächlichen Exemplaren scheint der Fall sehr häufig zu sein, dass nur ein Endköpfchen vorhanden ist; nähere Untersuchung zeigt aber, dass dieser Fall, obwohl er auch vorkommt, doch weit seltener ist, als er scheint. Gewöhnlich besitzt nämlich die unterste Bractee wirklich ein Seitenköpfchen; dieses ist aber so schwächlich entwickelt (1—2blüthig) und dabei so kurz gestielt, dass es auf den ersten Anblick zu dem Endköpfchen zu gehören scheint. Der Besitz eines Grundblattes lässt aber selbst in dem Falle, wenn das Köpfchen einblüthig geworden ist, keinen Zweifel über seine Bedeutung zu; denn die Einzelblüthe hat gar kein Vorblatt (Fig. 11). Mit einer stärkeren Entwickelung des Seitenköpfchens ist dann auch eine grössere Dehnung des zweiten Interfoliums verbunden, wodurch das Seitenköpfchen hoch über das Endköpfchen hinausgehoben wird. — Stärkere Exemplare haben 2—3 Seitenköpfchen, und zuweilen finden sich auch noch secundane Seitenköpfchen, welche natürlich wieder die primanen übergipfeln. Starke Köpfchen haben etwa 10 Blüthen; von da sinkt die Zahl bis auf 1 herab. — Durch Entwickelung zahlreicher Zweige an der Basis des Stengels ersetzt die Pflanze die geringe Verzweigung der Inflorescenz.

J. supinus Mch. (Fig. 12). Blüthenstand bekanntlich sehr vielgestaltig; auf seine Formen und die Richtung des Stengels gründen sich die bekanntesten Varietäten. — Die gewöhnliche, nur 2—3″ hohe Form, welche gern auf nassen Grasplätzen am Rande der Sümpfe und Moore wächst, hat einen nackten aufrechten Stengel. Er endigt oben in ein Köpfchen, trägt aber vorher 1, 2, seltener 3 Zweige. Das unterste Deckblatt hat dann gewöhnlich eine ziemlich lange laubige Spitze, das zweite ist meist schon ein Hochblatt mit laubiger Spitze auf einer breiten, rothen, weiss gesäumten Scheide. Schwa-

1) non Thuill; v. Botan. Zeitung 1865. Nr. 26.

che Exemplare besitzen auch wohl nur das Endköpfchen. Oberhalb des gestreckten Interfoliums tragen die Zweige entweder noch einen secundanen Zweig (selten zwei oder gar mehrere), oder schreiten sogleich zur Blüthenbildung fort (da also meist nur ein Zwischenblatt vorhanden ist, so beginnen die Zweige eine Sichelstellung, welche aber nur selten über zwei Glieder hinaus, bis zu einem quartanen Zweige fortschreitet). — Die Köpfchen sind wenigblüthig; 2, 3, 4 Blüthen ist das Gewöhnliche, 5 finden sich nur an recht kräftigen Zweigen. — Eine ungewöhnlich schlanke Form, welche ich bei der alten Bremker Kirche bei Adelebsen (Göttingen) sammelte, besitzt über fusslange Stengel und stark verzweigte Blüthenstände. Drei, selbst vier Zweige finden sich an der Hauptachse, die Verzweigung steigt bis zum 4. Grade (oder die Einzelblüthen mitgerechnet 5. Grade) und die Zahl der Köpfchen auf 16. Diese Form scheint aber selten zu sein.

Noch verdienen die Bracteen in den Köpfchen unsere Aufmerksamkeit. Die untern derselben sind ächte Hochblätter, weisshäutig mit rothem Mittelkiele; die obern dagegen besitzen nicht selten einen grünen Mittelstreif, laubige Spitze und weisshäutige Scheidenränder. Im Centrum des Köpfchens findet sich dann noch ein Büschel von sterilen Blättern, welche aber nicht, wie bei den andern Arten dieser Gruppe abgestorben, sondern frisch und lebensfähig sind. Wird die Pflanze sprossend (vivipar), was gewöhnlich mit Niederlegung des Stengels verbunden ist, so nehmen bereits die laubigen Spitzen der obersten Deckblätter rasch an Länge zu, die Scheidenränder werden immer schmaler, und so ist durch wenige (meist 4—5) Blätter der Uebergang vom Hochblatte zum ächten Laubblatte gemacht. Es setzt sich also der terminale Trieb eines jeden Blüthenstandes statt zu erlöschen in einen Laubtrieb fort. Von der Schopfbildung bei der Ananas, der Kaiserkrone und Eucomys punctata ist diese Bildung, rein morphologisch betrachtet, nicht wesentlich, sondern nur gradweise verschieden[1]). — Je nasser der Standort wird, desto mehr tritt sodann die Blüthenbildung in den Hintergrund; die Blüthen nehmen an Zahl ab und verkrüppeln oft in den Achseln der Blätter. Zugleich wird der Stengel schwächer und streckt sich zuletzt nieder, und es tritt durch eine fortgesetzte Sprossung aus dem relativ zweiten Vorblatte

1) Bei andern Arten dieser Rotte kommt diese Sprossung als Missbildung vor, z. B.: bei erkranktem J. lamprocarpus; ebenso zeigt die unter Nr. 951 a der Pl. Indiae Or. von Hohenacker ausgegebene Form des J. monticola Steud. ganz dieselbe Bildung.

eine Sympodienbildung ein, die eine Reihe hintereinander stehender Laubtriebe liefert, welche sich dann gewöhnlich bewurzeln und nach Absterben der Achsenglieder zwischen ihnen selbstständig werden. Dies ist die von Roth als J. uliginosus beschriebene Form.

Von den ausländischen Arten dieser Rotte habe ich folgende untersuchen können: J Rochelianus R. & S., Kotschyi Boiss., microcephalus H. B. K., scheuchzerioides Gaud., anceps La Harpe, Schimperi Hochst., lagenarius Gay, striatus Schousboe, Rostkovii E. M., punctorius Thunb., oliganthus Phil., canadensis Gray, affinis R. Br., debilis Gray, monticola Steud., Leschenaultii Gay, multiceps Kze., scirpoides Lam., corralensis Phil., valvatus Lk., ensifolius Wickstr. Alle diese Pflanzen stimmen im Wesentlichen mit J. lamprocarpus überein. Als äusserste Formen sind zu erwähnen: J. scheuchzerioides, der überwiegend häufig gar kein Seitenköpfchen, sondern nur das Endköpfchen besitzt (was aber durch starke Zweigbildung in den vegetativen Theilen ausgeglichen wird); J. oliganthus mit nur 2- bis 3blüthigen Köpfchen und J. scirpoides, valvatus und ensifolius, deren ganzer Blüthenstand zu einer bürstenähnlichen Form zusammengeknäuelt ist.

Die Entwickelung der einzelnen Blüthen in den Köpfchen ist eine aufsteigende, und ihr entspricht auch die Aufblühfolge; man kann leicht beobachten, dass die äussern Blüthen der Köpfchen fast durchgängig weiter entwickelt sind, als die innern. Viel schwieriger ist aber die Verfolgung des Fortschreitens der verschiedenen Köpfchen. Meist ist das Endköpfchen das gefördertste. Wenn (wie es doch wahrscheinlich ist) die leichtere und raschere Zuführung des Saftes für die frühere Entwickelung massgebend ist, so ist es bei der sehr geringen Dehnung der Hauptachse begreiflich, dass das Endköpfchen sich früher entfaltet als die Seitenköpfchen, und dass sich dieses an jedem Zweige wiederholt. Tritt Sichelstellung ein, so schreitet die Entwickelung an den Sicheln der genetischen Folge nach fort.

Es wird nicht überflüssig sein, an dieser Stelle auf den Parallelismus mancher Blüthenstände der Cyperaceen mit denen der eben betrachteten Juncus-Arten hinzuweisen. Bei Scirpus silvaticus treten freilich Aehren an die Stelle der Köpfchen, sonst aber stimmt im Wesentlichen Alles überein. Der Blüthenstand ist eine sehr zusammengesetzte, Aehren tragende Spirre; jeder Zweig beginnt wieder mit einem nach hinten fallenden zweikieligen sterilen Grundblatte; wird der Zweig dann sofort durch eine Aehre abgeschlossen, so ist das

folgende, nach vorn fallende Blatt sogleich eine fruchtbare Bractee (mit einer Blüthe in der Achsel). Die Zwischenblätter nehmen nach oben mehr und mehr den Charakter der Aehrenschuppen an. Von dieser grossen Reichhaltigkeit an sinkt der Blüthenstand zu immer grösserer Einfachheit herab; bei manchen Arten, z. B. Scirpus lacustris findet sich auch Fächelstellung. —

Von allen Arten dieser Gruppe sehr verschieden sind zwei Pflanzen, welche ich von Herrn Dr. Klatt in Hamburg mit der Etikette: J. pelocarpus E. M. (dichotomus A. Gray non Elliot) New Jersey; leg. A. Gray; determ. E. Meyer erhielt, die ich aber für J. Conradi Tuckermann (in Asa Gray, Manual; J. viviparus Conrad in Journ. of the Acad. of nat. sc. of Philadelphia) halte. Ohne mich hier auf die naheliegenden systematischen Fragen einzulassen, will ich den Blüthenstand morphologisch beschreiben, wenn auch mein Material leider nicht genügt, um diese Beschreibung erschöpfend zu geben. Der Blüthenstand (Fig. 12*) gleicht eher dem eines J. bufonius mit noch dazu sehr verlängerten Interfolien als dem des J. lamprocarpus. Die Hauptachse trägt mehrere (gegen drei) Zweige, welche mit einem Grundblatte beginnen und nach einem sehr gestreckten Interfolium wieder 1—3 secundane Zweige haben. Auf die Zweige folgt an jeder Achse ein kleines Hochblatt, in dessen Achsel eine vorblattlose Blüthe sitzt (in der Figur ist sie durch ein gestieltes Kreischen angegeben); dann kommt, jenem Hochblatte gegenüber, ein ihm ähnliches und sodann ein kleiner Laubtrieb (in der Figur durch eine einem Bischoftsstab ähnliche Linie angedeutet). Es handelt sich nun namentlich um die Frage, ob der Laubtrieb der terminale Abschluss der Achse ist, oder ob er der Achsel jenes zweiten Hochblattes entspringt. Sie ist nach meinem Materiale nicht mit voller Sicherheit zu entscheiden, doch glaube ich, dass der Laubtrieb terminal ist, da ich niemals zwischen der Blüthe und dem Laubtriebe eine Spur von einem andern Achsenende sah. Die Blattstellung entscheidet hierbei Nichts, denn sie schreitet einfach nach $\frac{1}{2}$ fort und würde daher in beiden Fällen dieselbe Einsetzung der Blätter des Laubtriebes ergeben. Dass der Laubtrieb wirklich terminal ist, glaube ich um so mehr, als ich ihn an einigen Zweigen sogleich auf das Grundblatt folgen und so den Zweig zweifellos abschliessen sah (a in Fig. 12*). Uebrigens muss ich hervorheben, dass, wenn der Laubtrieb neben der Blüthe steht, das unterste Blatt desselben, ein Schuppenblatt, welches der Blüthe seinen Rücken zukehrt, gewöhnlich 2 dicht aneinander liegende Kiele und 2 Spitzchen hat, was mehr für laterale Stellung des Laub-

triebes sprechen würde. An vielen Stellen meiner Exemplare waren Blüthe und Laubtrieb mit Hinterlassung beider Hochblätter abgefallen (ich habe die Stellen in der Figur mit * bezeichnet). — Das Merkwürdige dieses Blüthenstandes besteht nicht allein in der regelmässigen Verminderung der Blüthenzahl bis auf 1, sondern noch mehr in der Verbindung der Laubtriebe mit dem Blüthenstande. Die Erscheinung der Viviparie, welche auch bei andern Juncaceen in abnormer Weise vorkommt, nimmt hier eine ganz eigenthümliche Form an; es wird sehr interessant sein, andere, nicht Laubtriebe tragende Exemplare des J. Conradi mit diesen viviparen zu vergleichen.

6. Rotte.

Diese Rotte, charakterisirt durch flache oder rinnenförmige, nicht runde Blätter umfasst zwei dem Blüthenstande nach sehr verschiedene Gruppen, die eine mit Köpfchen, als deren Repräsentanten ich J. capensis nenne, die andere mit Einzelblüthen: J. bufonius und Verwandte.

a) Blüthenstand köpfchentragend.

Die Blüthenstände dieser Gruppe stimmen im Grundbau ganz mit denen des J. lamprocarpus, silvaticus u. s. w. überein, weshalb ich mich auf das Vorige beziehen kann und sie nur kurz betrachten werde.

J. capensis Thunb. Blüthenstand eine bald einfache, bald zusammengesetzte und sehr stark verzweigte köpfchentragende Spirre. Stellung der Blüthe zur Bractee s. Fig. 11. Der Blüthenstand ist aufrecht, nicht trugseitenständig; keine Bractee übergipfelt ihn. — Beispielsweise mögen hier die Zahlenverhältnisse eines kräftigen Blüthenstandes folgen. Er besass 12 primane Aeste, welche sich nach folgender Zusammenstellung verzweigten.

I		II		III	
4 secundane Zweige		4 secund. Zweige		4 secund. Zweige	
1) 2 tertiane, 1 Endk.:	4	1) 1 tert., 1 Endk.:	2	1) 1 tert., 1 Endk.:	2
2) 1 „ 1 „	2	2) 1 „ 1 „	2	2) 0 „ 1 „	1
3) 1 „ 1 „	2	3) 1 „ 1 „	2	3) 0 „ 1 „	1
4) 0 „ 1 „	1	4) 0 „ 1 „	1	4) 0 „ 1 „	1
Endköpfchen	1	Endköpfchen	1	Endköpfchen	1
Zahl der Köpfchen:	10		8		6

IV	V		VI	
ganz ebenso wie III	3 sec. Zweige		2 sec. Zweige	
	1) Endköpfchen .	1	1) Endköpfchen .	1
	2) „	1	2) „	1
	3) „	1	Endköpfchen	1
	Endköpfchen	1		3
		4		

VII		VIII	IX, X, XI, XII	Endköpfchen d. ganzen Blüthenstandes
1 sec. Zweig		wie VII	je ein Köpfchen	
1) Endköpfchen .	1			
Endköpfchen	1			
	2			

also im Ganzen 46 Köpfchen. Diese Zahl vermindert sich aber an schwächeren Exemplaren sehr. Fächel- und Sichelstellung habe ich nicht beobachtet.

J. capitatus Weig. (Fig. 14). Diese Pflanze bildet, wie die ihr in mancher Beziehung ähnliche Art J. pygmaeus das ärmste Endglied einer langen Reihe von Entwickelungsformen des Blüthenstandes, welche wir in ihrem grössten Reichthume eben bei J. capensis kennen lernten. Ich verweile deshalb, und weil der Bau an ihr besonders leicht studirt werden kann, etwas länger bei ihr.

Der Stengel wird durch ein endständiges Köpfchen abgeschlossen, welches bei kräftigen Pflanzen meist 7 Blüthen besitzt. Deckblätter weisshäutig mit grüner Mittelrippe, welche als Spitze hervorragt. Blüthe sehr kurz gestielt, vorblattlos in der Achsel der Bractee (Fig. 11). Die unterste Bractee ist gewöhnlich bedeutend länger als das Köpfchen, überragt es und drängt es auf die Seite; die zweite ist nur wenig länger. Dieses Verhältniss wird aber geändert, wenn die unterste Bractee (wie dies gewöhnlich der Fall ist) ein Köpfchen, nicht eine Einzelblüthe in der Achsel besitzt. Dann überragt das gedehnte zweite Interfolium des Seitenköpfchens die unterste Bractee und also auch das Endköpfchen bedeutend (Fig. 14[b]). Noch weniger trugseitenständig erscheint natürlich das Endköpfchen, wenn aus den Achseln der beiden untersten Bracteen Seitenköpfchen entspringen, und das Endköpfchen dann in der Gabel von deren Stielen sitzt (Fig. 14 d). Das Grundblatt der Seitenköpfchen birgt eine Zweiganlage in seiner Achsel, welche nicht selten zu einem schwachen Köpfchen auswächst und damit eine Fächelstellung beginnt (Fig. 14 c u. d). Dagegen fand ich nie Auszweigung aus dem ersten Deckblatte oberhalb des gestreckten Interfoliums; dieser Fall, wo

dann der Blüthenstand drei übereinander gebaute Etagen besitzen würde, während er gewöhnlich deren nur zwei hat, mag wohl nur als seltene Ausnahme vorkommen. Es fehlen also dieser Pflanze die Zwischenblätter; auf das Grundblatt folgen sogleich die Bracteen.

Von den andern Arten dieser Rotte habe ich J. graminifolius E. M., rivularis Poepp., homalophyllus Steud., demissus Steud., caespiticius E. M., planifolius R. Br., und repens Mich. untersuchen können. Sie stimmen im Wesentlichen mit den vorigen überein. J. repens scheint nach meinem, freilich nicht sehr reichhaltigen, Materiale eine ähnliche Mannichfaltigkeit der Formen zu besitzen, wie J. supinus. Indessen fehlt doch hier die Durchwachsung, d. h. die Verlängerung der Blüthen tragenden Achse oberhalb der Blüthen in einen vegetativen Trieb. Die Verästelung der Pflanze scheint vielmehr bei niedergestrecktem Stengel nur aus Seitentrieben, welche an die Stelle von Einzelblüthen treten, zu geschehen, wogegen die Achse der Köpfchen oberhalb der Einzelblüthen erlischt. Köpfchen bei der aufrechten Form ziemlich reichblüthig; Blüthen verlängert, sehr kurz gestielt.

b) Blüthenstand Einzelblüthen, nicht Köpfchen tragend.

Die Blüthenstände dieser Pflanzen haben weit mehr Verwandtschaft mit denen von J. effusus u. s. w., als mit denen der letzten Gruppen. Die Blüthen sind nicht in Köpfchen vereinigt und stehen nicht vorblattlos in den Achseln von Deckblättern. Jede Seitenblüthe hat vielmehr mindestens vier Vorblätter: das Grundblatt, ein Zwischenblatt und die zwei Hüllblätter; nur bei J. trifidus sinkt (durch gänzlichen Wegfall des Zwischenblattes) die Zahl der Vorblätter auf drei herab. In der Zahl der Zwischenblätter spricht sich aber ein deutlicher Unterschied zwischen den Arten dieser Gruppe und denen der ersten Rotte aus. Während bei J. glaucus und effusus an den Seitenachsen meist mehrere Zwischenblätter vorkommen und daher also die rispige Verzweigung vorherrscht, tragen hier die meisten Seitenachsen nur ein Zwischenblatt und durch fortgesetzte Auszweigung aus der Achsel desselben geht der Blüthenstand daher zur Sichelbildung über.

J. squarrosus L. (Fig. 19). Bei sehr kräftigen Blüthenständen fand ich bis zu 9 Zweige, von denen die untersten nach $\frac{1}{2}$, die obern nach etwas grösserer Divergenz gestellt sind. Oberhalb derselben wird die Hauptachse durch eine Endblüthe abgeschlossen. Die Uebergipfelung der obern Achsen durch die untern ist meist sehr beträchtlich. Die unterste Bractee ist ein Blatt von oft bedeutender Länge und

laubiger Beschaffenheit. Auch die Grundblätter sind bei dieser Art ungewöhnlich lang. Die untersten Zweige besitzen noch 2, 3 oder 4 Zwischenblätter mit secundanen Zweigen in den Achseln. Diese aber tragen selten mehr als ein Zwischenblatt; es fällt nach vorne, und mit ihm ist die Sichelbildung eingeleitet. Obwohl dieselbe selten über drei Glieder fortgesetzt wird, so tritt sie doch durch die regelmässige Stellung der Blüthen (Fig. 19) sehr deutlich hervor. Hat die Sichel drei Glieder, so ist die letzte Blüthe eine Achse fünfter Ordnung, denn die erste Blüthe schliesst einen secundanen Zweig ab, ist also (unter Hinzurechnung der Hauptachse) eine Achse dritter Ordnung.

Da bei der Sichelstellung der Juncaceen die Auszweigung stets aus der Achsel des zweiten Vorblattes erfolgt, dieses selbst aber zufolge der $\frac{1}{2}$ Stellung immer nach derselben Seite (nach vorn) fällt (Fig. 19), so nehmen auch die Blüthen eine völlig gleiche Stellung ein. Die Medianebene ist allen Blüthen einer Sichel gemein; bei allen Blüthen fällt der unpaare äussere Perigontheil (2 in Fig. 19) nach hinten, d. i. nach dem Grundblatte zu (in Fig. 19 links), die zwei paarigen nach vorn, nach dem Zwischenblatte (in Fig. 19 rechts). Bei der Fächelstellung müsste dagegen der unpaare Perigontheil abwechselnd links, rechts, links u. s. w. fallen.

Die bei dieser Art besonders bedeutende Deckung der Ränder der Grundblätter bewog mich, der Richtung derselben besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, um hierdurch vielleicht über die Wendung der Blattspirale Aufschluss zu erhalten. Hält man den untersten Zweig vor sich, so fällt das Grundblatt desselben nach hinten; oberhalb des gestreckten Interfoliums steht dann das zweite Vorblatt nach vorn, das Grundblatt des aus seiner Achsel entspringenden secundanen Zweiges aber wieder nach hinten, ebenso das des tertianen Zweiges u. s. f. Biegt man also alle zweiten Vorblätter von den Zweigen ab, deren Bracteen sie sind, so hat man die Grundblätter einer Kette von auseinander hervorsprossenden Generationen vor sich und kann ihre Deckung leicht beobachten. Es stellt sich nun das Resultat heraus, dass kein bestimmtes Gesetz der Deckung existirt. Zwar herrschen im Allgemeinen die gegenwendigen Deckungen vor (Antidromie), doch finden sich auch gleichwendige in grosser Anzahl (Homodromie); es herrscht also Pöcilodromie. Um die Leser zum eigenen Urtheil zu befähigen, gebe ich im Nachstehenden die Deckungsverhältnisse von 7 Exemplaren an. Die arabischen Ziffern bezeichnen immer den primanen Zweig, an dem in die Höhe steigend (zum untersten secundanen, tertianen

u. s. w. Zweig) ich die fragliche Deckung beobachtete. r. oder l. bedeutet, dass der rechte oder der linke Rand des Grundblattes der deckende ist.

Exemplar I.

1) l, r, l; 2) l, r, l; 3) l, r.

Exemplar II.

1) r, l, l; 2) l, r; 3) l, l; 4) r, l, r, l; 5) r, l.

Exemplar III.

1) r, r, l, r; 2) r, l, r, l; 3) r, l, r; 4) r, l; 5) l, r, l; 6) l, l, r; 7) r, r, r; 8) r, l; 9) r, r.

Exemplar IV.

1) l, r, l; 2) r, r; 3) r, l, r; 4) r, l; 5) r, l.

Exemplar V.

1) l, r, l; 2) l, l, l; 3) l, r.

Exemplar VI.

1) l, l, r, l; 2) l, r, l; 3) l, r; 4) r, l, r; 5) r, l; 6) r, l, r; 7) r, l, r; 8) l, r.

Exemplar VII.

1) r, l, r; 2) l, r; 3) l, r; 4) l, l, l; 5) r, l, r; 6) l, l; 7) r, l.

Was die Entwickelung des Blüthenstandes angeht, so eilt die Endblüthe jedes Zweiges den ihr zugehörigen Seitenblüthen voraus, ebenso die Endblüthe des Stengels den ihr zunächst stehenden Seitenblüthen. Im Ganzen und Grossen befolgt aber die Entwickelung einen aufsteigenden Gang, so dass z. B. die Endblüthe des Stengels oft noch sehr unentwickelt ist, wenn die des untersten Zweiges sich entfaltet. An den Sicheln ist die Entfaltung genetisch aufsteigend.

J. tenuis Willd. (Fig. 15). Diese Pflanze bewegt sich in Beziehung auf die Formen des Blüthenstandes innerhalb sehr weiter Grenzen; bald herrscht mehr die Rispenbildung, bald mehr die Sichelstellung vor. Hierauf hauptsächlich gründen sich die fünf Arten, welche Steudel aufführt: J. tenuis Willd., secundus Poir, cognatus Kunth, dichotomus Ell, germanorum Steud., von denen sich vielleicht nur cognatus wirklich als Art von tenuis trennen lassen wird; bei ihm tritt die Sichelstellung besonders stark hervor. — Fig. 15 stellt den Blüthenstand einer Pflanze aus der Winterlitt bei Kassel dar, welche ich im Juli 1863 dort sammelte. Sichelstellung ist an ihm nur an dem untersten primären Aste angedeutet. Herbariumsexemplare, welche ich früher an demselben Standorte sammelte, haben — vielleicht in Folge eines der Entwickelung günstigeren Sommers — viel zahlreichere Blüthen und stärker entwickelte Sicheln. Eigen-

thümlich ist, dass der Stengel oben nicht selten zuerst 1—2 sterile Laubblätter (mit scheidiger Basis, welche nach oben in zwei Oehrchen ausläuft) trägt, worauf dann 4—7 Bracteen folgen; diese bilden den Uebergang von den Laubblättern zu ächten Hochblättern mit weisslicher Basis und grünlicher oder bräunlicher Spitze. Die Endblüthe eilt dem obern Theile des Blüthenstandes in der Entwickelung voran; ist daher der Blüthenstand schwächlich, so ist sie die am meisten geförderte; ist er aber kräftig, so entwickeln sich die Endblüthen der untersten Zweige früher als die primäre. Letztere schlägt auch nicht selten ganz fehl. — Die letzten Seitenblüthen haben vier Vorblätter.

J. Gerardi Lois. (Fig. 16). Im Wesentlichen mit J. tenuis übereinstimmend; Sichelstellung jedoch fast nie vorhanden. — Es finden sich fast nur primane und secundane Zweige, welche nach wenigen Gliedern mit einer Endblüthe abschliessen. Tertiane Zweige sind schon selten und fast stets auf eine Einzelblüthe mit ihren vier Vorblättern reducirt. Auf der Schlankheit der Interfolien und der regelmässigen Uebergipfelung beruht die grosse Zierlichkeit des Blüthenstandes. Untere Bracteen laubig, obere hochblattartig.

J. compressus Jacq. Blüthenstand wie bei der vorigen Art, oft aber weit reicher. Die Vermehrung betrifft dann besonders die Anzahl der primanen und secundanen Zweige, nicht aber die Grade der Auszweigung, namentlich kommt es nicht zur Bildung von Sicheln.

J. Tenagea Ehrh. (Fig. 17). Der Bau des Blüthenstandes bewegt sich innerhalb sehr weiter Grenzen. Zwischen Zwergpflänzchen mit einer einzigen Blüthe und wahren Riesenexemplaren von Fusshöhe und mit Hunderten von Blüthen finden sich alle Uebergänge. Die kleinen Pflänzchen finden sich in unserer Gegend besonders auf feuchtem Heideboden, wenn dieser, wie noch vielfach üblich, „abgeplaggt" worden (d. h. die Heide und Grasnarbe sammt der obersten Bodenschichte abgehauen) ist. Dann bilden J. Tenagea, Centunculus, Cicendia und Cyperus flavescens die ersten Ansiedler auf dem neuen Boden. Die Riesenexemplare finden sich mehr auf feuchten Sandäckern u. s. w. — Der Stengel hat sehr gewöhnlich in der Mitte ein kleines Laubblatt. Besitzt er nur eine Blüthe, die Endblüthe, so folgt auf dieses Laubblatt ein gestrecktes Interfolium; der Blüthe gehen dann noch drei Hochblätter voraus, die beiden obersten sind sterile Hüllblätter, in der Achsel des drittletzten findet sich das Rudiment eines Zweiges (Fig. 17[a]). Die Endblüthe wendet, wie auch

alle folgenden Blüthen, einen äussern Perigontheil dem untern Hüllblatte zu. — Entwickelt sich die Blüthenanlage in der Achsel des drittletzten Hochblattes, so wird damit der Stengel zweiblüthig; die Seitenblüthe besitzt dann vier Vorblätter: das Grundblatt, das Zwischenblatt (mit einer Zweiganlage in der Achsel) und zwei Hüllblätter (Fig. 17[b]). Wird der Stengel dreiblüthig, so rückt nicht selten das kleine Laubblatt als Deckblatt nach oben hinauf (Fig. 17[c]). (Auch an starken Blüthenständen ist übrigens das unterste Deckblatt oft laubartig; ebenso findet sich nicht ganz selten der Fall, dass ein Ast des Blüthenstandes in der Mitte des Stengels aus der Achsel eines laubigen Deckblattes entspringt.) — Wird die Pflanze kräftiger, so vermehren sich die primanen Zweige bis auf 6 oder 7 und bilden Sicheln, deren unterste oft 5 bis 6 in eine Reihe gestellte Blüthen haben. Dann vermehrt sich an noch stärkeren Exemplaren die Zahl der Zwischenblätter an den primanen Zweigen; die Verzweigung derselben wird rispig, und die Sichelstellung tritt erst an den schwächern secundanen oder tertianen Zweigen ein. Bei ungewöhnlich grossen Exemplaren aus der Gegend von Celle fand ich die Spirrenbildung soweit fortgesetzt, dass die Sichelstellung an den untersten Zweigen erst an den quintanen Achsen auftrat; die vier ersten Achsengenerationen verzweigten sich also fortdauernd spirrig.

J. bufonius L. (Fig. 18). Die gewöhnliche Form dieser Pflanze zeigt die Sprosskettenbildung im ausgezeichnetsten Maasse. Die Anzahl der primanen Zweige ist gering; diese zeigen eine grosse Neigung bald zur Sichelstellung überzugehen. 6-, 7-, auch 8gliedrige Sicheln finden sich. Zwar vermehrt sich bei sehr starken Exemplaren auch die Zahl der Zweige, und diese selbst erhalten mehrere Zwischenblätter (verzweigen sich also rispig), aber die überwiegende Neigung zur Sichelstellung charakterisirt doch unsere Pflanze immer. Gewöhnlich ist die Endblüthe die am meisten geförderte, und dann steigt nach ihrer Entfaltung die Entwickelung an den Sicheln in die Höhe; nur bei sehr starken Exemplaren bleibt die Endblüthe hinter denen der untersten Zweige zurück. — Bei der gewöhnlichen Form sind die Interfolien zwischen den Gliedern der Sichel gedehnt; verkürzen sich dieselben mehr und mehr, so geht die Pflanze nach und nach in die Form β congestus (Döll, Flora von Baden, fasciculiflorus Boiss.) über, zu welcher auch J. insulanus Viv. und fasciculatus Bertol. gehören. — Starke Exemplare dieser Art zeigen auch die in dieser Gruppe sonst nicht vorkommende Auszweigung aus dem Grundblatte. Von den andern Arten dieser Gruppe stimmen J. Greenei Tuckerm.,

Chamissonis Kth., Lechleri Steud., persicus Boiss. (der auf den ersten Blick der Gruppe des lamprocarpus anzugehören scheint), ranarius P. u. S. mit den vorigen Arten überein; es bleiben uns nur noch J. trifidus L. und magellanicus Lam. zu betrachten übrig.

J. trifidus L. (Fig. 20). Blüthenstand eine ächte, drei- bis vierblüthige Traube mit Endblüthe; bei schwächern Exemplaren vermindert sich die Blüthenzahl, bis zuletzt nur die Endblüthe übrig ist, wo dann die Pflanze die var. monanthos Jacq. bildet. — Das grundständige Laubblatt (dessen kürzere oder längere Lamina den Unterschied von J. trifidus L. und Hostii Tausch. bildet, der aber sicher nicht zur specifischen Trennung genügt) hat eine zweiöhrige Scheide mit langen, gewimpert-geschlitzten Oehrchen. Der Stengel ist oberhalb desselben eine Strecke weit nackt und trägt erst wieder gegen die Spitze hin 2 oder 3 nahe an einander gerückte Laubblätter. Bei ihnen steht die Lamina den Oehrchen der Blattscheide gegenüber, so dass der Stengel sich zwischen ihnen befindet und man die beiden Oehrchen leicht für ein zweispitziges Vorblatt oder ein anderes selbstständiges Blatt halten kann. — In den Achseln dieser Laubblätter stehen nun die Seitenblüthen. Sie haben zuerst das Grundblatt, dann oberhalb eines etwas gestreckten Interfoliums die beiden Hüllblätter dicht unter der Blüthe; das erste Hüllblatt und damit auch der unpaare äussere Perigontheil fallen nach vorn (Fig. 3; die Stellung der Blüthe ist also gerade entgegengesetzt wie bei J. squarrosus, Fig. 4). Ein Zwischenblatt findet sich nicht, und damit fehlt auch jede Andeutung einer weiteren Verzweigung. — Der Endblüthe gehen ebenfalls zwei Hüllblätter voraus; das untere derselben hat oft noch eine laubige Spitze und eine umfassende Scheide mit Oehrchen, das obere ist ein ächtes Hochblatt mit kleiner fadenförmiger Spitze und breiten Seitenöhrchen von fast derselben Länge, die aber nicht der Spitze gegenüber, sondern neben ihr stehen. — Zuweilen rücken die Blüthen köpfchenähnlich auf die Spitze des Stengels zusammen. Bei der Form monanthos gehen der Endblüthe eine veränderliche Zahl von Laubblättern (gewöhnlich 2, doch auch 1 oder 3) voran; dann folgen die zwei Hüllblätter, deren unteres meist noch eine laubige Spitze besitzt. — Die Aufblühfolge dieser Pflanze scheint mir (ich habe nur getrocknete Exemplare untersuchen können) derart zu sein, dass die Endblüthe sich zuerst öffnet und dann die Seitenblüthen in aufsteigender Reihe nachfolgen.

J. magellanicus. Blüthe sehr gross, einzeln, endständig auf der Spitze des Stengels. Es gehen ihr zwei Hüllblätter voraus, welche unmittelbar unter ihr sitzen; das unterste (welches dem letzten grund-

ständigen Laubblatte gegenüber sitzt) ist schräg aufsteigend und überragt mit seiner laubigen Spitze die Blüthe und selbst die reife Kapsel um das 4- oder 5fache; das obere Hüllblatt ist weit kürzer, gewöhnlich nur von der Länge des Perigons oder der Kapsel. Ein äusserer Perigontheil fällt über das untere Hüllblatt.

7. Rotte.

Diese Rotte, vorzüglich durch die sackartig erweiterte Samenhaut charakterisirt, ist eine rein künstliche, wie sich dies auch im Baue der Blüthenstände ausspricht. Wollte man wirklich nach der Samenhaut eintheilen, so wäre nicht allein die ganze Gruppe des J. maritimus hierher zu ziehen, sondern auch einzelne Arten der andern Gruppen, z. B. J. paradoxus E. M., welcher sich gerade hierdurch von dem ihm so nahe verwandten J. scirpoides Lam. unterscheidet.

J. Jacquini L. (Fig. 20*). Die grundständigen Blätter sind Scheiden ohne Lamina. Der Stengel trägt nahe unter dem Blüthenstande das einzige entwickelte Laubblatt, welches den Blüthenstand weit überragt; es umfasst den Stengel ziemlich weit; seine Achsel ist leer, der Blüthenstand wirft sich aber doch etwas von ihm weg auf die Seite. Nach einem gestreckten Interfolium folgen sodann die Bracteen; die untern sind hellbraun, die obern wie die Kelchblätter tief dunkelbraun gefärbt. Die Hauptachse ist etwas zickzackartig hin- und hergebogen, ihre Interfolien sind aber nur sehr wenig gedehnt. Sie besitzt gewöhnlich vier Zweige; die untern verzweigen sich wieder aus der Achsel des Zwischenblattes, die obern besitzen ausser dem Grundblatte nur die beiden Hüllblätter und schliessen dann mit der Blüthe ab. Alle Blüthen stehen in annähernd gleicher Höhe, so dass sie eine Dolde zu bilden scheinen. — Auch hier fällt ein äusserer Perigontheil über das vorletzte Hüllblatt.

Die Pflanze ist also nach dem Baue des Blüthenstandes, sowie auch nach den Scheidenblättern am Grunde des Stengels in die erste Rotte zu verweisen.

J. grandiflorus Forst. Die Blüthe dieser merkwürdigen Pflanze ist sehr gross, einzeln, endständig. Hooker (Icones plantarum, 1843, tom. VI) sagt zwar: sepala basi bracteis 3 membranaceis suffulta und ebenso de la Harpe in seiner Monographie: flore solitario, maximo, tribracteato; aber ich habe an dem Materiale meines Herbariums (2 fruchttragenden Pflanzen) nicht mehr als 2 Hüllblätter finden können; sie sind sehr breit dreieckig, kurz, stumpf, trockenhäutig, am Rande

gewöhnlich etwas eingerissen; das untere ist weit breiter und grösser als das obere. Ueber jenem liegt ein äusserer Perigontheil. Die Abbildung von Hooker (Tab. 533, Fig. 1) zeigt zwar anscheinend drei Hochblätter, doch glaube ich, dass die rechts und links unter der Blüthe sichtbaren Stücke sich hinten zum untern, grössern Hüllblatte vereinigen; dies ist mir um so wahrscheinlicher, als die Figur deutlich zeigt, dass ein innerer Perigontheil über das obere Hüllblatt fällt, was mit meinen Beobachtungen übereinstimmt.

Alle nun noch zu betrachtenden Arten dieser Gruppe haben ächte Köpfchen ohne Gipfelblüthe; die Blüthen sitzen vorblattlos in den Achseln der Deckblätter (s. Fig. 11).

J. castaneus Sm. Der beblätterte Stengel, die weit umher kriechenden Ausläufer sowie der Bau des Blüthenstandes entfernen diese Pflanze weit von J. Jacquini, in dessen Nähe man sie häufig stellt. — Die unterste Bractee des gipfelständigen Köpfchens ist laubig, steil aufgerichtet und bildet eine Scheinfortsetzung des Stengels. Aus ihrer Achsel (seltener auch noch aus der der zweiten Bractee) entspringt ein das Endköpfchen übergipfelnder Zweig. Oberhalb des Grundblattes hat derselbe ein gestrecktes Interfolium und geht dann sogleich zur Blüthenbildung über. — Die Köpfchen besitzen gewöhnlich 3 oder 4 Blüthen. Die Einzelblüthen sind nicht ganz kurz gestielt.

J. biglumis L. Der kurze Stengel trägt unten Laubblätter und oben ein zweiblüthiges Köpfchen. Die untere Bractee ist steil aufgerichtet und bildet die scheinbare Verlängerung des Stengels. Die ihr angehörige Blüthe überragt die andere, obwohl sie natürlich tiefer entspringt.

J. triglumis L. Der vorigen Pflanze sehr nahestehend. Blüthenstand ein endständiges, armblüthiges (meist 3blüthiges) Köpfchen. Keine Bractee übergipfelt das Köpfchen. Die Blüthen sind ziemlich gleich lang gestielt und sitzen daher in gleicher Höhe.

J. Hoffmeisteri Klotzsch steht dem vorigen offenbar sehr nahe; nach der Abbildung (Botan. Ergebnisse der Reise des Prinzen Waldemar von Preussen tab. 98) hat er ebenfalls ein endständiges Köpfchen mit anscheinend vorblattlosen Blüthen in den Achseln der Deckblätter.

J. stygius L. Den vorigen sehr nahe verwandt. Entweder nur das Endköpfchen oder durch Zweigbildung in der Achsel des untersten (wohl auch des zweituntersten) Deckblattes noch 1—2 Seitenköpfchen vorhanden. Blüthen kurz gestielt. Köpfchen armblüthig, bei schwächlichen Pflanzen oft nur 2- oder sogar 1blüthig; dann

richtet sich das unterste Deckblatt mit seiner laubigen Spitze auf und bildet die Scheinfortsetzung des Stengels.

J. concinnus Don. besitzt ebenfalls ein einziges endständiges Köpfchen; die Blüthen sind aber so lang gestielt, dass das Köpfchen streng genommen eine Dolde ist. Die langen gelblichweissen Bracteen verdecken aber die Stiele vollständig.

Ganz besondere Beachtung verdient noch der ostindische J. sphacelatus Decaisne, welchen Steudel als incertae sedis an das Ende der Gattung Juncus stellt. Ich besitze nur ein überdies ungenügendes Exemplar desselben, nach welchem die Verhältnisse folgende zu sein scheinen. Der Blüthenstand macht den Eindruck eines armblüthigen (mein Exemplar hat drei Blüthen) Köpfchens, ist aber in Wahrheit eine Traube, anscheinend ohne Gipfelblüthe. Den Blüthen geht nur das zweikielige nach hinten fallende Grundblatt voraus; die Hüllblätter fehlen. Somit wäre J. sphacelatus die einzige bis jetzt bekannte Juncus-Art, welche ein Vorblatt besässe. Ich empfehle diese Pflanze dringend weiterer Beachtung.

Luzula.

1. Rotte (Anordnung nach E. Meyer).

Diese Gruppe, durch das sichelförmige Samenanhängsel, die einzeln stehenden Blüthen und den doldenähnlichen Blüthenstand charakterisirt, bildet in der That eine natürliche Gruppe, als deren einfachsten Vertreter wir L. flavescens ansehen können, welche ich daher an die Spitze stelle.

L. flavescens Gaud. (Fig. 21). Hauptachse nach einigen (etwa 5) Zweigen durch die, nicht selten verkrüppelnde, Endblüthe abgeschlossen. Die Zweige beginnen mit dem Grundblatte, dann folgt ein sehr gedehntes Interfolium, hierauf die beiden Hüllblätter und die Blüthe (Fig. 3). Es haben also alle Seitenachsen gleichviele, nämlich drei Vorblätter. Secundane Zweige fand ich nicht. Die vergleichsweise geringe Entwicklung der Interfolien der Hauptachse, verbunden mit der starken Dehnung der secundanen Achsen machen den Blüthenstand zur Doldentraube; die Seitenblüthen sitzen ziemlich gleich hoch, die Endblüthe weit tiefer zwischen ihren Stielen.

L. Forsteri D. C. (mit der wohl L. decolor Barker-Webb & Berthollet zu vereinigen ist). Blüthenstand dem Wesen nach ebenso gebaut, aber stärker. Er wird durch die Verzweigung der untern Primanzweige spirrig. Sehr selten mehr als drei Secundanzweige an

einem primanen; eine tertiane Blüthe fand ich nur einmal. Da die zweiten Interfolien aller Seitenachsen gedehnt sind, so stehen alle Blüthen einzeln.

L. pilosa Willd. (Fig. 22). Der Stengel erlischt sehr häufig in einem Büschel steriler Hochblätter, gelangt also nicht zur Bildung der Endblüthe. Die Verzweigung setzt sich selten über secundane Zweige fort, doch herrscht in der Zahl der Zweige und der Seitenblüthen ein grosser Spielraum. Gewöhnlich sind 8—10 Zweige vorhanden: die untern stehen spiralig, die obern zweizeilig; oft finden sich auch Drehungen der Achse, welche die Stellung verschieben. Die letzten Seitenblüthen haben wie bei den vorigen Achsen drei Vorblätter. — Die Uebergipfelung der obern Zweige durch die untern wird durch die Schlängelung der Achsen und durch ihre bald steil aufsteigende, bald senkrecht abstehende oder selbst zurückgebrochene Richtung für oberflächliche Anschauung oft verwischt; namentlich die obern Achsen sind zur Zeit der Fruchtreife zurückgebrochen.

2. Rotte.

Diese Gruppe, von Meyer besonders: „funiculo umbilicali in fibrillas spirales sensim secedentes fatiscente; raphe seminis subrotundi in papillam rarius circumcirca areolatam desinente“ charakterisirt, enthält zwei in Beziehung auf den Umriss des Blüthenstandes sehr verschiedene Formen, welche dennoch im Wesentlichen übereinstimmen. Mehr doldenförmig ist der Blüthenstand von L. nemorosa L. M. (albida D. C.) und den verwandten; für die Form mit deutlich rispigem Blüthenstande und von einander entfernten, oder nur zu 2 bis 3 genäherten Blüthen kann L. spadicea als Repräsentant dienen.

a) Verzweigung doldenähnlich.

L. nemorosa E. M. (Fig. 23). Der unterste Zweig steht bei kräftigen Pflanzen zuweilen in der Achsel eines Laubblattes mitten am Stengel. Die untersten Deckblätter sind stets noch grün und laubig; die folgenden sinken rasch zu schmalen, weissen, häutigen Hochblättern herab. Ich fand bis zu neun Zweige. Die untersten Zweige verzweigen sich bis zur dritten Ordnung, so dass ihre Seitenblüthen Achsen vierter Ordnung sind; darüber hinaus scheint die Verzweigung nur sehr selten fortzuschreiten. Die Seitenblüthen haben gewöhnlich nur drei, doch auch wohl vier Vorblätter. Dadurch, dass die zweiten Interfolien an den primanen Zweigen sehr stark, an den secundanen und tertianen aber sehr viel weniger verzweigt sind,

rücken die Blüthen in langgestielte, schirmartig gestellte Gruppen zusammen und der Charakter der Rispe, den der im Wesentlichen völlig gleich gebaute J. effusus so deutlich zeigt, tritt hierdurch viel mehr in den Hintergrund. Die Blüthen einer Gruppe gehören (um das noch hier besonders zu erwähnen) nicht derselben Achsenordnung an; die mittelste ist die Endblüthe (Achse n^{ter} Ordnung), die seitlichen schliessen kleine einblüthige Zweige ($n + 1^{ter}$ Ordnung) mit drei oder vier Vorblättern ab. — An Luz. nemorosa erinnert im Baue des Blüthenstandes von den Cyperaceen besonders die Rhynchospora alba mit dem grossen Unterschiede jedoch, dass an die Stelle der Einzelblüthen Aehren treten.

L. sylvatica Gaud. Meist zahlreicher und weiter verzweigt als vorige Art, so dass die Seitenblüthen der untersten Zweige Achsen fünfter Ordnung sind; sonst mit derselben übereinstimmend. Gewöhnlich stehen die Blüthen zu 3 bis 5 gruppenweise bei einander, wie wir dies eben bei L. nemorosa sahen; ein merkwürdiges Exemplar meines Herbariums, auf dem Brocken gesammelt, zeigt aber durchweg einzeln stehende Blüthen, weil alle zweiten Interfolien an ihm gestreckt sind. Es hat dadurch ein ganz fremdartiges Aussehen.

Mit L. nemorosa stimmen im Wesentlichen auch überein: L. nivea D. C., lactea E. M., pedemontana Boiss., canariensis Poir, purpureo-splendens Seub. (azorica Wats.). Im äussern Umriss sind die Blüthenstände fast aller dieser Pflanzen mehr zusammengezogen, als die der L. nemorosa, namentlich sind die einzelnen Gruppen reichblüthiger, indessen ist dieser Unterschied doch nur geringfügiger. Wichtiger ist ein Umstand, der die Auffassung des Blühenstandes bei mehreren dieser Arten erschwert. Die Seitenblüthen haben nämlich vier Vorblätter; die Divergenz der beiden ersten, des Grundblattes und des Zwischenblattes, ist auch hier $\frac{1}{2}$; der folgende Schritt ist aber verändert (wahrscheinlich gesteigert), so dass das untere Hüllblatt nicht nach hinten, über das Grundblatt, sondern seitwärts fällt; das zweite Hüllblatt fällt dann natürlich auch seitwärts und meistens geradezu quer zu dem Mutterblatte. Behält man dies nicht im Auge, so kann man leicht zu einer ganz falschen Auffassung des Blüthenstandes kommen, wozu man überdies noch leichter durch die oft zerschlitzten oder mit Haarspitzen gewimperten Vorblätter verleitet wird. So ist z. B. die Darstellung der Vorblätter von L. canariensis auf der übrigens sehr sorgfältigen Taf. 237 der Phytographie des Isles Canaries von Barker-Webb und Berthollet irrig.

L. lutea D. C. Diese Art verdient wegen mancher Eigenthüm-

lichkeiten eine besondere Erwähnung. Die Anzahl der Primanzweige ist gering; sie stehen nahezu rechtwinklig von der Hauptachse ab und sind lang entwickelt. An den Zweigen höherer Ordnung sind die Interfolien unverhältnissmässig kurz, ja an den letzten sogar völlig gestaucht. Hierdurch rücken die Blüthen noch mehr köpfchenartig zusammen und erinnern so an L. campestris, deren Blüthenstand aber doch ganz wesentlich verschieden ist. — Die Seitenblüthen haben hier oft nur drei Vorblätter.

b) Verzweigung rispig; Blüthen meist (mit Ausnahme von L. arcuata) einzeln stehend.

L. purpurea L. de Buch (Fig. 24). Diese Art steht im Baue des Blüthenstandes ganz für sich da. Die zweiten Interfolien aller Achsensysteme sind sehr lang und fadendünn; nur an den letzten Zweigen (des 4ten oder 5ten Grades) sind sie zuweilen verkürzt, so dass die 2 Seitenblüthen neben ihrer Endblüthe sitzen und also 2 bis 3 Blüthen büschelig vereinigt sind. Die Seitenachsen stehen fast durchgängig rechtwinklig von den vorhergehenden Achsen ab und sind in ihrem Verlaufe etwas schlängelig gebogen. Die primäre Achse wird durch eine Endblüthe abgeschlossen, der zwei Hüllblätter vorausgehen; die Seitenblüthen haben meist nur drei Vorblätter (das Grundblatt und die beiden Hüllblätter). Die Verzweigung setzt sich an starken Exemplaren bis zum fünften Grade fort. Höchst eigenthümlich ist für unsere Pflanze die Sympodienbildung im Blüthenstande, welche, soweit mir bekannt ist, bei keiner andern Juncacee vorkommt. Der unterste primane Zweig richtet sich gerade auf und wirft die Fortsetzung der Hauptachse sammt allen folgenden primanen Zweigen unter einem rechten Winkel auf die Seite. Dasselbe wiederholt sich mit dem untersten secundanen Zweige, der die Fortsetzung des untersten primanen auf die Seite wirft. Alle diese Achsenstücke bilden daher mit der Hauptachse eine einzige gerade Scheinachse (Fig. 24), ein Sympodium, und es erklärt sich so der kegelförmige Umriss des Blüthenstandes. Da die untersten Zweige jedesmal aus der Achsel des ersten Zwischenblattes der vorhergehenden Generationen entspringen, diese ersten Zwischenblätter aber in Folge der Divergenz von $\frac{1}{2}$ alle auf dieselbe Seite fallen, so ist die Folge, dass die rechtwinklig umgeknickten Achsenstücke alle ebenfalls auf Eine Seite (die entgegengesetzte jener Zwischenblätter) zu liegen kommen; sie stehen also wie die Zähne eines Kammes gegen die Achse des Sympodiums. (In Fig. 24 bilden die zum Sympodium verbundenen Achsenstücke eine senkrechte Reihe; alle ersten Zwischenblätter stehen an ihr rechts;

alle umgeknickten Achsenstücke fallen nach links.) Zu beachten ist weiter, dass an den umgeknickten Achsen die Sympodienbildung sich meistens nicht wiederholt, obwohl dieselben sich doch vielfach weiter verzweigen. Die Achse bleibt vielmehr nach einmaliger Umknickung gerade, und die Zweige stehen senkrecht von ihr ab. Nur an einem sehr kräftigen, von Bourgeau auf Teneriffa gesammelten Exemplare meines Herbariums wirft der zweite primane Zweig die Hauptachse wieder zur Seite, und es findet auch an ihm, sowie an dem dritten primanen Zweige sehr deutliche Sympodienbildung statt (obwohl dieser selbst die Hauptachse, aus der er ja entspringt, nicht mehr auf die Seite wirft [1])).

L. spadicea D. C. (Ich fasse diese äusserst veränderliche Pflanze in dem Sinne von E. Meyer, der die L. spadicea, glabrata, Desvauxii, parviflora und melanocarpa als Varietäten einer Art betrachtet, obwohl ich auf den Versuch, die breitblätterigen Formen von den schmalblätterigen zu trennen, nicht von vorne herein verzichten möchte.) Der Blüthenstand nähert sich dem der vorigen Art bald mehr, bald weniger. Es beruht dies namentlich auf der grössern oder geringern Verlängerung der zweiten Interfolien in den höhern Graden der Verzweigung, welche bald fadendünn und schlängelig gebogen, bald sehr verkürzt sind. Sind sie auch an den letzten Seitenblüthen gedehnt, so stehen alle Blüthen einzeln; sind sie verkürzt, so stehen sie zu 2 oder 3 zusammen. Hiernach hat Steudel die Varietäten dieser Pflanze sogar in ganz verschiedene Sectionen gebracht. — Umknickung der Achsen, also auch Sympodienbildung kommt nicht vor. — Die Zahl der primanen Zweige steigt nicht selten auf 9—10 und fällt auf 3—4; in ähnlicher Weise schwankt die Reichhaltigkeit der weiteren Verzweigungen. An den letzten Seitenblüthen fand ich immer nur drei Vorblätter. Diese sind verschieden stark zerschlitzt und gewimpert, woraus sich, wie es scheint, noch gute Kennzeichen für die Varietäten ergeben.

L. arcuata Wahl. Sieht man ab von der sehr eigenthümlichen bogenförmigen Ueberkrümmung der primanen Zweige, so hat der Blüthenstand viele Aehnlichkeit mit dem von L. campestris. Er unterscheidet sich aber doch wesentlich von ihm. Die Blüthen sitzen in kleinen Gruppen bei einander; die mittelste Blüthe ist immer die Endblüthe, die neben ihr sitzenden sind Seitenblüthen nächst höherer Ordnung. Die Hauptachse besitzt wenige (2, 3 oder 4) Zweige,

1) Fände sich fortwährend solche Umknickung vor, so würden die auf einander folgenden Glieder einer Achse nothwendig die Seiten eines Rechteckes bilden müssen.

ehe sie durch eine Gipfelblühe (mit ein paar neben ihr sitzenden Seitenblüthen) abgeschlossen wird. Das zweite Interfolium der Zweige ist gedehnt; sie schliessen mit einer Endblüthe und gewöhnlich zwei Seitenblüthen ab; selten entspringen aus ihnen noch secundane, gestielte Gruppen, doch findet sich nicht selten etwas unterhalb jener drei Blüthen eine kleine Gruppe von 1, 2, selbst 3 Blüthen, welche durch ihre Absonderung von der endständigen Gruppe und die schwache aber deutliche Streckung des zweiten Interfoliums das Bestreben zeigen, zu einem neuen (secundanen) Büschel zu werden. Es kommt aber, wie gesagt, selten zur wirklichen Trennung derselben von der primanen Gruppe, sondern sie bleiben meist im Umrisse mit ihr vereinigt. Die Seitenblüthen haben drei Vorblätter. Bei der Verminderung der Blüthenzahl einer Gruppe bleibt die relative Endblüthe am längsten; es kommt zuweilen der Fall vor, dass sie allein auf der Spitze des Zweiges sitzt, dass derselbe also einblüthig geworden ist. Bei L. campestris fehlt gerade diese Endblüthe gänzlich und die Blüthen der Aehren sind coordinirte Seitenblüthen. Indessen lässt sich doch nicht verkennen, dass die gewöhnliche Form von L. arcuata den Uebergang zu den Arten mit ährenförmigen Einzelblüthenständen macht; durch Vermehrung der einzelnen Seitenblüthen, welche dicht neben der relativen Endblüthe stehen, wird in der That der Uebergang zur armblüthigen Aehre mit Endblüthe gebildet.

Bei der Varietät hyperborea und namentlich der von Laestadius als L. nivalis bezeichneten Form ist der Blüthenstand weit mehr geknäuelt, als bei der gewöhnlichen Form von L. arcuata, ja oft durch völlige Verkürzung der zweiten Interfolien auf ein einziges endständiges Knäuelchen reducirt.

3. Rotte.

Diese Gruppe, von E. Meyer durch „Testa seminis inferne relaxata" charakterisirt, besitzt sehr vielgestaltige Blüthenstände, so dass es schwer ist, etwas Allgemeines über sie zu sagen. Dem verschiedenen äussern Umrisse entsprechen auch grosse innere Verschiedenheiten. Während z. B. bei L. spicata und caricina die Endblüthe jeder Achse eine wichtige Rolle spielt, fehlt sie bei L. campestris immer. — Bei den meisten der hierher gehörenden Arten werden die obern Aeste nicht durch die untern übergipfelt; die untern Zweige bleiben vielmehr räumlich tiefer, obwohl sie kräftiger entwickelt sind als die obern; die Hauptachse ist von allen Achsen die am stärk-

sten entwickelte. Selbst Luz. campestris und sudetica, bei denen doch gewöhnlich Uebergipfelung stattfindet, haben ihre formae congestae.

L. campestris (einschliesslich der Formen multiflora und congesta) Fig. 25. Blüthenstand eine aus Aehren bestehende Doldentraube mit Uebergipfelung der obern Zweige durch die untern; die Hauptachse ebenfalls in eine Aehre endigend. Der Blüthenstand entspricht also ganz dem von L. flavescens, nur dass an die Stelle der Einzelblüthen Aehren treten. Die untern Deckblätter an der Hauptachse sind laubartig, die obern bräunliche, mehr oder weniger hautartige Hochblätter. An den Seitenähren sitzt die unterste Blüthe in der Achsel der ersten Bractee; diese fällt nach vorn, da sie dem an der Basis des gestreckten Interfoliums befindlichen Grundblatte gegenüber sitzt; die untersten Blüthen sitzen nach $\frac{1}{2}$; dann erst tritt spiralige Stellung (nach $\frac{2}{5}$?) ein. Die Blüthenzahl in den Aehren beträgt bei der gewöhnlichen Form etwa 8. Oberhalb der Blüthen endigt die Achse der Aehre in einem sehr kleinen Convolut von Hochblättern. Die Blüthe hat drei Vorblätter, das Grundblatt mit zwei Haarspitzen und die beiden Hüllblätter; ein Zwischenblatt findet sich nicht. Das zweite Hüllblatt fällt nicht genau nach hinten, sondern etwas schief; es ist zuweilen sehr schwächlich ausgebildet und schwindet auch wohl ganz, namentlich an den obern Blüthen der Aehren. Die Insertion der Blüthe (welche derart ist, dass ein äusserer Perigontheil über die Bractee fällt) wird dadurch aber nicht geändert. — Bei der Form congesta sind die zweiten Interfolien der Zweige nicht verlängert, so dass alle Aehren einen endständigen Knäuel oder richtiger gesagt eine zusammengesetzte Aehre bilden.

Die Aufblühfolge zeigt sich bei dieser Pflanze von grosser Unbeständigkeit. Innerhalb der einzelnen Aehren ist sie fast immer aufsteigend. Die Endähre blüht gewöhnlich zuerst auf und dann die Seitenähren in aufsteigender Folge; doch finden sich darin auch grosse Abweichungen; so z. B. fand ich einmal die unterste Blüthe des Endährchens eben geöffnet, während die Seitenähren in voller Blüthe standen und die obern Blüthen des Endährchens längst verblüht waren[1]).

Mit L. campestris stimmen im Wesentlichen Eriophorum polystachyum und gracile überein; auch sie besitzen eine Endähre und

1) L. comosa E. M., welche ich erst nach Abschluss des Textes dieser Arbeit durch die Güte des Herrn Prof. Grisebach in Göttingen erhielt, stimmt im Wesentlichen mit L. campestris überein.

doldig gestellte, gestielte Seitenähren, an deren Basis sich ein weisses Grundblatt findet.

L. sudetica Presl wie vorige Art.

L. nodulosa E. M. stimmt im Wesentlichen ebenfalls mit L. campestris überein, doch blieben mir manche Punkte wegen zu geringen Materiales unklar, namentlich der, ob die oberste Blüthe der armblüthigen Aehren terminal oder lateral ist.

L. chilensis Nees et Meyen unterscheidet sich im Umrisse sehr von L. campestris, da die Seitenähren ungestielt in den Achseln laubartiger Deckblätter sitzen; im Wesentlichen des Baues findet sich aber kein Unterschied, namentlich nicht von der Form congesta der Luz. campestris. Fast beständig fand ich bei dieser Art, namentlich in der Endähre, das Fehlschlagen des obersten (dritten) Vorblattes.

Um an entsprechende Verhältnisse aus der Familie der Cyperaceen zu erinnern, brauche ich nur auf Carex arenaria und die verwandten Arten hinzuweisen, deren Blüthenstand ebenfalls eine zusammengesetzte Aehre ist. Auch bei ihnen geht jeder Seitenähre ein unfruchtbares Vorblatt (das Grundblatt) voraus.

L. spicata D. C. Blüthenstand wenig verzweigt, die Interfolien schwach entwickelt und zwar an den Seitenachsen noch weniger, als an der Hauptachse, daher keine Uebergipfelung. Die Zweige sind Aehren, welche durch eine Endblüthe abgeschlossen werden; seltener verzweigen sich die unteren primanen Zweige nochmals und tragen secundane Aehren. (Dies ist die Form, welche Desvaux als L. racemosa beschrieben hat.) Auch die Hauptachse wird durch eine Aehre abgeschlossen. Die Aehren sind 4—6 blüthig. Die Seitenblüthen der Zweigähren zeigten mir stets nur zwei, die des Endährchens dagegen drei Vorblätter; bestätigte sich dies an reichlichem Materiale, so gäbe es einen sehr eigenthümlichen Unterschied ab. Beim Vorkommen von nur zwei Vorblättern ist natürlich das oberste, nach hinten fallende, geschwunden. Die Endblüthen haben zwei Hüllblätter, welche aber nicht wie die der Seitenblüthen weiss, sondern bräunlich sind und mehr den Charakter der Bracteen tragen.

L. alopecurus Desv. Blüthenstand so stark geknäuelt, dass er eine kegelförmige Gestalt hat; die Blüthen sind fast verdeckt von den bärtigen Spitzen der weisshäutigen Deckblätter. Soweit ich es ohne Zerlegung eines Blüthenstandes beurtheilen konnte, schien er mir im Wesentlichen gleichgebaut mit dem der vorigen Art. Die wenigen Blüthen, welche ich untersuchen konnte, hatten zwei, eine

jedoch auch drei Vorblätter; das dritte (oberste) war in diesem Falle sehr schmal.

L. caricina E. M. Blüthenstand höchst eigenthümlich. Die Hauptachse sowohl als die Seitenachsen zeigen eine bei dieser Gattung höchst ungewöhnliche Längenentwickelung. Der unterste Ast sitzt in der Achsel eines tief am Stengel stehenden Laubblattes, ist langgestielt und tritt daher weit aus der Achsel hervor; auch die folgenden Bracteen sind noch laubig, die obern hochblattartig. Die Seitenachsen und die Hauptachse tragen Aehren mit Endblüthen, aber nur im obersten Theile des Blüthenstandes sitzen die Blüthen ährenförmig zusammen; in den unteren sind sie durch gestreckte Achsenglieder von einander getrennt und sitzen höchstens in kleinen Gruppen zusammen. Hierdurch erhält der Blüthenstand für den ersten Anblick etwas höchst Unregelmässiges. Secundane Seitenähren kommen nicht vor, wohl aber ereignet es sich, dass am untersten Theile der primanen Zweige statt der Einzelblüthe eine kleine Gruppe von Blüthen, bestehend aus einer Endblüthe und ein oder zwei Seitenblüthen auftritt. Uebergipfelung findet in keinem Theile des Blüthenstandes statt, vielmehr ist jede Hauptachse stärker entwickelt, als ihre relativen Nebenachsen. Die Seitenblüthen besitzen das Grundblatt und die beiden Hüllblätter, die Endblüthen nur die letzteren.

L. pediformis D. C. Die untern Zweige übergipfeln die obern und die Hauptachse nicht; der Blüthenstand hat deshalb einen walzlichen oder kegelförmigen Umriss. Die untern Zweige meist auf bald längern, bald kürzern Stielen nickend. Untere Bracteen laubig, den Blüthenstand überragend, die obern hochblattartig. Die untern Zweige tragen an ihrer Basis noch ein oder mehrere secundane Aehren und endigen dann (ebenso wie die obern Zweige und die Hauptachse) mit einer Aehre. Die Aehren sind wenigblüthig; sie besitzen eine Endblüthe, Seitenblüthen mit drei Vorblättern von schön kastanienbrauner Farbe mit bald schmalem, bald breiterm häutigen Saum. Zwei Seitenblüthen fand ich, denen das oberste Vorblatt fehlte.

Versuchen wir nun, rückschauend, einen Ueberblick über die betrachteten Verhältnisse zu erlangen, so müssen wir erstaunen über ihre Mannichfaltigkeit in einer so kleinen Familie von Gewächsen. Welcher grundsätzliche Abstand von der alleinstehenden Endblüthe des J. magellanicus bis zu dem armblüthigen, der Endblüthe ermangelnden Köpfchen bei J. biglumis, capitatus u. s. w.; welcher Unterschied in der Reichhaltigkeit zwischen J. grandiflorus, triglumis und

den drei ebengenannten Arten einer- und J. lamprocarpus, sylvaticus und obtusiflorus andererseits! — Das negative Resultat tritt uns zunächst auf das Bestimmteste entgegen, dass man nicht mit Einem Ausdrucke diese Mannichfaltigkeit umspannen kann, dass also der Ausdruck: Spirre, anthela, nicht für „Inflorescenz der Juncaceen im Allgemeinen" gesetzt werden darf.

Die meisten Juncaceen, z. B. J. effusus, besitzen zusammengesetzt-rispige Blüthenstände. Das Wesen der Rispe, panicula, besteht (vergl. z. B. die vortreffliche Uebersicht bei Ascherson, Fl. v. Brand. p. 17) darin, dass die Nebenachsen ungleichwerthig sind, die untern nämlich mehr Tragblätter, also auch mehr Nebenachsen zweiten u. s. w. Grades haben als die obern und deren Zahl nach oben abnimmt. Als secundäres Moment tritt nun bei vielen unserer Pflanzen die stärkere Entwickelung der unteren Achsen und als Folge davon die Uebergipfelung hinzu; sie ist das charakteristische Kennzeichen der Unterart: Spirre, anthela. Es bleibt also für sie die in der Einleitung mitgetheilte Diagnose von E. Meyer in voller Kraft. Ich würde es allerdings nicht für nöthig halten, einen neuen Ausdruck hierfür zu schaffen; aber der einmal übliche mag auch ferner in Gebrauch bleiben. — Man könnte vielleicht fragen, ob nicht auch bei der Traube und der Dolde Uebergipfelung vorkäme und etwa auf die in der Mitte vertiefte Dolde von Daucus hinweisen; aber eine solche Ungleichartigkeit kann bei den racemösen Blüthenständen, wo gerade die Gleichwerthigkeit der Nebenachsen ein wichtiges Kennzeichen und daher besonders zu betonen ist, nie von Bedeutung werden. Sie kann höchstens auf einer grössern Länge der unteren Stiele beruhen; denn eine ungleiche Anzahl von Vorblättern und in Folge davon von Seitenachsen würde den Blüthenstand eben zur Rispe machen. Bei den rispigen Blüthenständen gewinnt aber allerdings in Folge der stärkern Entwickelung der untern Zweige, was die Zahl der Tragblätter und Seitenzweige angeht, auch ihre stärkere Längsentwickelung eine grössere Bedeutung, und hierin findet der Ausdruck Spirre seine Berechtigung.

Die Spirren der Juncaceen bilden aber drei parallellaufende Reihen, indem bei mehreren Gruppen Köpfchen oder Aehren an die Stelle der Einzelblüthen treten, ohne dass dadurch der übrige Charakter des Blüthenstandes verändert wird.

In untergeordneter Weise treten ferner zwei eigenthümliche Stellungen auf: die Fächel und die Sichel. Sie haben eine unleugbare Analogie mit der Wickel und der Schraubel. Während aber bei die-

sen beiden Blüthenständen ein bestimmtes Gesetz der Homodromie und Antidromie, also eine bestimmte Beziehung auf rechts und links herrscht, fällt diese bei den Juncaceen fort, da die Tragblätter, aus deren Achsel die Verzweigung erfolgt, durchaus nach $\frac{1}{2}$ stehen, die Zweige also alle in dieselbe Ebene fallen. Beide Verzweigungsweisen mögen wohl auch sonst vorkommen; für die Fächel kann ich als Beispiel die Irideen [1]) nennen, für die Sichel ist mir aber (und ebenso Herrn Prof. Al. Braun) bis jetzt kein anderes Beispiel vorgekommen. Bei unserer gewöhnlichen Iris Pseudacorus ist jede Gruppe von Blüthen nach dem Gesetze der Fächel gebaut. Eine jede Gruppe wird von zwei laubigen Hochblättern eingehüllt; oberhalb derselben schliesst die Achse mit einer Endblüthe ab. In der Achsel des obersten laubigen Hochblattes sitzt aber wieder eine Blüthe, der nur ein nach hinten fallendes Vorblatt, das Grundblatt, vorausgeht. Indem in seiner Achsel abermals eine Blüthe entspringt, deren Grundblatt dem vorigen gegenüber nach vorn fällt, ist damit eine ausgezeichnete Fächelstellung (Fig. 9) eingeleitet, welche zuweilen 5 Glieder umfasst; dabei ist die Aufblühfolge genetisch.

Es ist hier noch der Vorblätter der Juncaceen-Blüthe zu gedenken. Wir sahen, von welcher Wichtigkeit ihre Zahl sowohl, als ihre Stellung für die Natur der Blüthenstände war. Welcher Abstand herrscht auch hier, wenn man die äussersten Pole: eine vorblattlose Blüthe von J. lamprocarpus und eine Seitenblüthe von J. glaucus mit einander vergleicht, welcher letzteren ausser dem Grundblatte und den beiden Hüllblättern noch eine ganze Reihe von Zwischenblättern vorausgehen. Wir können etwa folgende Reihe aufstellen. Der Blüthe gehen voraus:

1) Grundblatt, eine unbestimmte, an den obern Blüthen jedoch sich vermindernde Anzahl von Zwischenblättern, 2 Hüllblätter; die Verzweigung ist rispig;
2) Grundblatt, ein Zwischenblatt [2]), zwei Hüllblätter; die Verzweigung durch fortgesetzte Zweigbildung aus dem Zwischenblatte sichelartig;

1) Ich brauche wohl kaum zu bemerken, dass auch die Irideen sehr verschiedenartig gebaute Blüthenstände, nicht sämmtlich Fächelstellung haben. So stehen z. B. bei Gladiolus communis und den verwandten Arten die Blüthen in einer verlängerten Aehre, jede in der Achsel eines Deckblattes; jede Blüthe besitzt ein Vorblatt, das nach hinten fallende Grundblatt.

2) Man beachte, dass der Fall: Grundblatt, mehrere, aber der Zahl nach bestimmte Zwischenblätter mit Zweigen in den Achseln, zwei Hüllblätter nicht vorkommt; der Blüthenstand würde sonst eine zusammengesetzte Traube werden.

3) Grundblatt, zwei Hüllblätter (welche bei einzelnen Luzula-Arten eine Neigung zum Schwinden zeigen und bei dem, freilich noch nicht genügend untersuchten J. sphacelatus ganz fehlen);
4) vorblattlose Seitenblüthe.

Es drängt sich nun die Frage auf, ob wir uns bei diesem letzten Falle Vorblätter, und im bejahenden Falle wieviele als der Anlage nach vorhanden denken müssen, wobei die Frage noch offen bleibt, ob die Entwickelungsgeschichte sie nachzuweisen vermag. Betrachten wir hierzu die Stellung dieser vorblattlosen Blüthe (Fig. 11) zur Achse und zur Bractee. Sie ist übereinstimmend mit der Stellung der Blüthe, welcher drei Vorblätter vorausgehen (Fig. 3). Da das dritte Vorblatt wieder gerade über das erste fällt, so würde die Stellung der Blüthe nicht verändert werden, wenn auch nur ein Vorblatt, das Grundblatt, vorhanden ist, und dass dies möglich ist, deutet das Verschwinden des obern Hüllblattes bei manchen Luzula-Arten und in noch bestimmterer Weise das Fehlen der Hüllblätter bei J. sphacelatus an. Da jedoch weiter (wie wir schon sahen) die Stellung der Blüthe zur Achse von dem Uebergangsschritte $\frac{2+\frac{1}{2}}{3}$ zwischen dem letzten Vorblatte und dem ersten Kelchblatte abhängt, so müssen wir für die Blüthe Fig. 11 entweder das Grundblatt, oder das Grundblatt und die beiden Hüllblätter als geschwunden annehmen. Es genügt für die Construktion der Blüthe das Grundblatt hinzuzufügen, doch scheinen mir bei der so sehr allgemeinen Verbreitung der Hüllblätter auch diese in den Grundplan der Blüthe mit aufgenommen werden zu müssen. Das Grundblatt und ein Hüllblatt könnten nur vorhanden sein, wenn die Blüthe die umgekehrte Stellung zur Achse einnähme. Die Endblüthen der Hauptachse haben, wie wir sahen, ebenfalls zwei Hüllblätter; jedoch sind diese natürlich keine eigentlichen Vorblätter, welche nur an Seitenachsen vorkommen können. — Auch für die Vorblätter kann ich auf die Familie der Irideen hinweisen, da sie die Verhältnisse der Juncaceen nach manchen Richtungen hin erläutern. Wie wir bei den Seitenblüthen der Juncaceen entweder ein oder drei Vorblätter zu ergänzen haben, so kommen bei den Irideen ein oder drei Vorblätter vor; Blüthen mit zwei Vorblättern finden sich nicht. Nehmen wir z. B. einen Zweig des Blüthenstandes von Iris Pseudacorus zur Hand; er steht in der Achsel eines laubigen Hochblattes und beginnt mit einem nach hinten fallenden stark zweikieligen Blatte, dann folgen oberhalb eines gestreckten Interfoliums zwei laubige Hochblätter, welche mit ihrer scheidigen

Basis alle nun folgenden Blüthen zu einer dichten Gruppe vereinigt halten. Die erst aufblühende Blüthe ist die Endblüthe dieses Zweiges, sie hat also drei Vorblätter, das Grundblatt und die beiden laubigen Hochblätter. Zwischen ihr und dem zweiten Hochblatte (dessen Ränder sie noch völlig umfassen) sitzt die secundane Blüthe, welche nur ein Vorblatt, das Grundblatt, hat. In der Achsel dieses Grundblattes entspringt die tertiane Blüthe, welche abermals ein Grundblatt hat u. s. f. Mit einem Worte: die primane Blüthe hat drei Vorblätter, jede folgende dagegen nur eins. Zwei Vorblätter kommen bei keiner Blüthe vor.

Ich gebe nun zum Schlusse noch eine Uebersicht der von mir untersuchten Arten, nach den Blüthenständen geordnet. Vorher bemerke ich noch, dass ich zur Vereinfachung durch † das Vorkommen der Fächelstellung, durch * das der Sichelstellung bezeichne. — Es bedarf wohl kaum der Hervorhebung, dass die letzten Eintheilungen hierbei auf ganz scharfe Geltung keinen Anspruch machen. So finden sich bei den Arten mit zusammengesetzter Spirre fast immer schwache Exemplare mit einfacher Spirre, diese kann zur Doldentraube herabsinken u. s. f.

Uebersicht der untersuchten Juncaceen nach dem Blüthenstande.

A. Blüthenstand Einzelblüthen tragend.

1) Nur eine Gipfelblüthe: J. magellanicus, grandiflorus, trifidus var. monanthos;
2) zur Gipfelblüthe treten eine Anzahl von Seitenblüthen mit bestimmter Anzahl von Vorblättern (meist Grundblatt α und Hüllblätter y, z);
   a) Traube: J. trifidus, J. sphacelatus (? ohne Gipfelblüthe ?);
   b) Doldentraube: L. flavescens; J. Lechleri Steud.;
3) zwischen das Grundblatt α und die Hüllblätter y, z schiebt sich an den Zweigen noch eine unbestimmte, nach oben abnehmende Zahl von Zwischenblättern ein, der Blüthenstand wird rispig und zugleich durch Uebergipfelung bei allen hierher gehörenden Arten zur Spirre;
   α) einfache Spirre: J. filiformis, arcticus, Jacquini, pauciflorus;
   β) zusammengesetzte Spirre: J. glaucus †, J. effusus *, conglomeratus †, procerus E. M. († und Andeutung von *), vaginatus (†, schwach *); persicus Boiss. *; balticus (schwach *), andicola *; compressus H. B. K. *, Chamissonis *, Greenei *, tenuis (oft *); Gerardi, compressus Jacq., elatior Lge.; Tenagea *, ranarius *, bufonius *, squarrosus *, Luz. Forsteri, pilosa; Luz. arcuata, lutea (bei beiden die Blüthen in ährenähnliche Gruppen vereinigt, daher der Blüthenstand anscheinend doldentraubig), sylvatica, nemorosa, canariensis, nivea, lactea, purpureosplendens (die letzten sechs mit doldenähnlicher Stellung der Einzelblüthen), purpurea (mit Sympodienbildung), spadicea.

B. Blüthenstand Köpfchen tragend.

1) Nur ein Gipfelköpfchen (beziehungsweise eine Dolde): J. biglumis, triglumis, Hoffmeisteri, concinnus, stygius (die gewöhnliche Form);
2) zum Gipfelköpfchen treten einige Seitenköpfchen, welche oberhalb des Grundblattes sogleich Bracteen tragen:

a) Traube, kommt nicht vor (bei J. demissus Steud. sind die wenigen kleinen Köpfchen köpfchenartig gehäuft);

b) Doldentraube J. stygius (stärkere Ex.), castaneus, scheuchzerioides, repens, caespiticius, pygmaeus, capitatus (selten *) Kotschyi, lagenarius, corralensis Ph.;

3) im Wesentlichen wie oben bei Nr. 3;

α) einfache Spirre (schwächere Exemplare dieser Pflanzen würden streng genommen oft zu 1 und 2 zu rechnen sein): J. pygmaeus (selten *), homalophyllus, Leschenaultii, valvatus Lk., ensifolius (beide mit köpfchenartig gedrängtem Blüthenstande), striatus Schousb., affinis R. Br., Rostkovii, supinus *;

β) zusammengesetzte Spirre: J. microcephalus H. B. K., multiceps; acutus, maritimus (beide mit † und sehr armblüthigen Köpfchen); scirpoides (mit köpfchenartig zusammengedrängtem Blüthenstande), debilis; capensis, graminifolius, planifolius, rivularis; alpinus, canadensis, monticola, lamprocarpus, anceps, atratus, silvaticus, obtusiflorus *. (Wegen des J. Conradi vergl. den Nachtrag.)

C. Blüthenstand Aehren tragend.

1) Nur eine Gipfelähre (als regelmässige Bildung nicht vorkommend);

2) der Gipfelähre gehen einige Seitenähren voraus:

a) zusammengesetzte Aehre: Luz. Alopecurus (? noch näher zu untersuchen, vielleicht eine ährenförmige Rispe), L. campestris, var. congesta, L. chilensis, spicata (die einfachen Formen);

b) ährentragende Doldentraube: L. campestris, comosa, sudetica, nodulosa. (Bei Luz. arcuata stehen die Blüthen nicht wirklich in Aehren, obwohl der äussere Umriss der Gruppen ganz mit dem von Luz. campestris übereinstimmt.)

3) der Blüthenstand wird durch Verzweigung der untern Seitentriebe rispig, aber ohne Uebergipfelung:

a) einfache Rispe: L. spicata var. racemosa, pediformis, caricina;

b) zusammengesetzte Rispe (mir nicht bekannt).

Nachtrag.

Nachdem diese Arbeit bereits zum Druck befördert war, erhielt ich durch die zuvorkommende Güte des Herrn Prof. Grisebach zu Göttingen ein Exemplar des J. Conradi Tuckerm. (Rhode Island, leg. Asa Gray). Dasselbe weicht von den beiden oben beschriebenen Exemplaren (von denen das eine auf Taf. XXIX, Fig. 12* abgebildet ist) dadurch ab, dass es keine Laubtriebe im Blüthenstande trägt, also der Hauptform dieser Pflanze angehört, während die viviparen Exemplare eine nicht gerade seltene Bildungsabweichung darstellen. Dann ist aber auch diese Pflanze in allen Theilen und namentlich im Blüthenstande weit stärker als die beiden früher von mir beschriebenen Pflanzen, so dass diese wie schwächliche Krüppel neben ihr erscheinen. — Es stellt sich nun das mir unerwartete Resultat heraus, dass der Blüthenstand im Wesentlichen ganz mit dem von J. bufonius übereinstimmt. Die Hauptachse ist zunächst rispig verzweigt (am vorliegenden Exemplare finden sich sechs Zweige) und schliesst dann mit einer Endblüthe ab, der zwei sterile Hüllblätter vorangehen. Der unterste Zweig ist sehr kräftig und richtet sich zur Scheinfortsetzung des Stengels auf. Die rispige Auszweigung wiederholt sich an ihm und dem zweiten primanen Zweige noch zweimal, an den übrigen primanen Zweigen nur einmal; dann gehen die Zweige zu einer ausgezeichneten Sichelstellung über, welche meist drei oder vier Glieder umfasst und durch die sehr gleichmässige Dehnung der zweiten Interfolien sehr deutlich hervortritt. Zahl und Stellung der Vorblätter an den Einzelblüthen sind ganz übereinstimmend mit J. bufonius und squarrosus, weshalb die Fig. 18 und 19 im Wesentlichen auch für J. Conradi Geltung behalten. Die viviparen Exemplare (Fig. 12*) sind hiernach so aufzufassen, dass die beiden kleinen Hochblätter unter der Blüthe die Hüllblätter derselben sind, dass aber aus der Achsel des obersten Hüllblattes abnormer Weise ein Laubtrieb entspringt. Dass dieses Hüllblatt überhaupt geneigt ist, in seiner Achsel eine Knospe zu bilden, zeigt auch das vorliegende Exemplar. An

drei Stellen desselben sitzt nämlich neben einer (relativen) Endblüthe eine zweite, der Achsel des obersten Hüllblattes angehörende Blüthe; ihr geht nur ein, nach hinten fallendes Vorblatt (das Grundblatt) voraus, Zwischenblatt und Hüllblätter fehlen; sie wendet einen äussern Perigontheil ihrem Mutterblatte (dem zweiten Hüllblatte der relativen Endblüthe) zu, so dass für ihre Stellung das Diagramm 11 gilt, nur dass in ihm das Grundblatt zu ergänzen ist. — Die Pflanze ist an reichlicherm Material noch weiter zu untersuchen; doch ist nach dem Mitgetheilten schon so viel klar, dass sie den Typus einer eigenen Gruppe darstellt, welche durch Laubblätter mit Querscheidewänden und einzelstehende Blüthen mit Vorblättern zu charakterisiren ist.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XXVIII, XXIX u. XXX.

Vorbemerkung. Die Figuren der zu dieser Abhandlung gehörenden Tafeln sind mit Ausnahme von Fig. 20 a schematische Auf- und Grundrisse. Bei jenen wurde zwar versucht, das natürliche Längenverhältniss der Achsen beizubehalten, aber dies war oft der Deutlichkeit wegen nicht in aller Strenge möglich. Namentlich mussten die Interfolien der Hauptachse fast durchgängig mehr in die Länge gedehnt werden, als dies in der Natur der Fall ist. — In allen Aufrissen ist das Grundblatt durch einen dicken schwarzen Strich, in den Grundrissen dagegen durch eine nach hinten 2 winklige Linie, α, angegeben; die Zwischenblätter sind mit a, b, c, die Hüllblätter (mögen sie nun unter Endblüthen stehen, oder als Vorblätter den Seitenblüthen vorausgehen) mit y und z bezeichnet.

Fig. 1. J. glaucus. Skizze eines kräftigen Blüthenstandes mit Weglassung aller Blattorgane. An der Hauptachse sind acht Zweige vorhanden (1, 2, 3 u. s. w.); die sechs unteren haben schwächere Zweige in der Achsel ihres Grundblattes (1 a, 2 a, 3 a u. s. w.); t die Endblüthe der primären Achse.

Fig. 2. Seitenzweig eines Blüthenstandes von derselben Art mit Angabe der Blattorgane. Aus der Achsel des Grundblattes α_1 entspringt ein Zweig, der mit dem Grundblatte α_2 beginnt. α_1 ist zurückgebogen dargestellt; in der Natur umfasst es den axillären Zweig sammt dem Vorblatte α_2 so genau, dass man α_2 erst nach Ablösung von α_1 erblickt. Die obere Verzweigung erklärt sich aus dem im Texte Gesagten.

Fig. 3. Grundriss einer Blüthe, der drei Vorblätter vorausgehen; Ax die relative Hauptachse, br die Bractee. Ein äusserer Perigontheil fällt nach vorn, über die Bractee.

Fig. 4. Grundriss einer Seitenblüthe mit vier Vorblättern; zwischen das Grundblatt α und die Hüllblätter y und z hat sich ein Zwischenblatt a eingeschoben; ein äusserer Perigontheil fällt nach hinten.

Fig. 5. J. filiformis. a) Skizze, den Umriss eines Blüthenstandes darstellend; b) die Verzweigung des Blüthenstandes in schematischer Ausbreitung desselben.

Fig. 6. Grundrisse von Blüthen derselben Art:

a) Grundriss eines Zweiges, der vier Vorblätter hat und sich aus der Achsel von a weiter verzweigt. Die erste (nach der Achse zu fallende) Blüthe hat demnach vier Vorblätter (α, a, y, z), die zweite (vordere) drei (α_1, y_1, z_1); beide Blüthen haben entgegengesetzte Stellung. Bei jener fällt ein äusserer Perigontheil nach hinten, bei diesen nach vorn.

b) Grundriss eines einblüthigen Seitenzweiges; der Blüthe gehen drei Vorblätter voran; ein äusserer Perigontheil fällt nach unten, über die Bractee.

c) Grundriss der Endblüthe mit den beiden ihr vorausgehenden Hüllblättern; ein äusserer Perigonzipfel fällt nach dem vorletzten Hüllblatte (y) hin.

Fig. 7. Aufriss des Blüthenstandes von J. arcticus, mit gestreckten Interfolien gezeichnet; der unterste Zweig besitzt zwei Seitenblüthen; sonst ist der Bau ganz analog dem von J. filiformis in Fig. 6 b dargestellten.

Fig. 8. J. maritimus. Aufriss eines dreiblüthigen Köpfchens; die Interfolien zwischen den Einzelblüthen sind in Wirklichkeit völlig gestaucht; in der Achsel der vierten Bractee eine verkrüppelte, aber doch deutliche Blüthenanlage (*).

Fig. 8 a. Ein anderer Blüthenzweig derselben Pflanze; aus der untersten Achsel (rechts) entspringt nicht eine Einzelblüthe, sondern ein einblüthiges Köpfchen; bei * noch eine erkennbare aber verkrüppelte Blüthenanlage. Die Blüthe eines solchen Köpfchens richtet sich gewöhnlich völlig gerade auf und wird so scheinbar endständig, indem sie alle andern Bracteen auf die Seite drängt (ähnlich wie bei Empetrum, vergl. das im Texte Gesagte). Das Hauptköpfchen des hier abgebildeten Blüthenstandes ist zweiblüthig.

Fig. 9. J. acutus. Verkettung der fächelartig gestellten Zweige, sammt der deckenden Bractee (br). Es fällt immer ein Zweig abwechselnd nach vorn, einer nach hinten. Die Grundblätter sind derart in einander geschachtelt, dass man von aussen nur das unterste (1) sieht; daher mussten sie zurückgebogen gezeichnet werden; nur das vierte umhüllt noch die Basis des Zweiges, zu dem es gehört.

Fig. 9 a. Ein Blüthenzweig mit sechs Köpfchen. Das Endköpfchen ist zweiblüthig; von den beiden Seitenköpfchen links ist eins zwei-, das andere einblüthig; die drei Seitenköpfchen rechts sind sämmtlich zweiblüthig; an mehreren der Köpfchen zeigt sich noch ein Blätterbüschel in der Achsel der dritten Bractee: die Anlage einer dritten Blüthe; sie ist in der Fig. als ein gestieltes Knöpfchen dargestellt.

Fig. 10. Aufriss eines Blüthenstandes von J. lamprocarpus. Er ist insofern schematisch, als die Zweige alle zweizeilig dargestellt sind, was sie in Wirklichkeit nicht sind. Der Blüthenstand hat sechs Zweige; der unterste übergipfelt alle übrigen; er besitzt noch vier, der folgende zwei, der dritte und vierte je einen, der fünfte und sechste keinen secundanen Zweig. Die Köpfchen sind hier und in den folgenden Figuren nur im Umrisse, nicht den Einzelheiten ihres Baues nach angedeutet.

Fig. 11. Grundriss der deckblattlosen Einzelblüthe, wie sie in der Rotte des J. lamprocarpus, sowie bei J. maritimus, capensis, biglumis und den verwandten Arten vorkommt; sie wendet einen äusseren Perigontheil der Bractee (br) zu; nach der Achse zu fallen demnach zwei; die Blüthe ist auf dieser (obern) Seite sehr häufig abgeplattet, zugleich fällt eine Kante des Fruchtknotens nach vorn, eine Placenta nach hinten. Die Stellung stimmt also völlig überein mit dem durch Fig. 6 b dargestellten Falle des Vorkommens von drei Vorblättern.

Fig. 12 a. J. supinus. Grundriss eines wenig verzweigten Blüthenstandes. Ein Zweig vorhanden, der sich senkrecht aufrichtet und so die Scheinfortsetzung des Stengels (ein Sympodium) bildet. Das auf die Seite gedrückte Endköpfchen hat fünf, das Seitenköpfchen sechs Blüthen; beide sind in der Weise sprossend, dass die Bracteen nach oben in Laubblätter übergehen, der Blüthenstand also in einen Laubtrieb endigt.

Fig. 12 b. Ein starker Blüthenstand von J. supinus. Die Sympodienbildung tritt hier nicht hervor, da drei Zweige da sind, zwischen deren Gabelung das Endköpfchen

sitzt; nur an dem linken Zweige ist sie, wenn auch nicht sehr ausgesprochen, vorhanden. Alle Köpfchen zeigen den Uebergang der Deckblätter in Laubblätter.

Fig. 12 *. J. Conradi Tuckerm. Aus der Hauptachse entspringen drei schlanke Seitenzweige, jeder mit einem nach hinten fallenden Grundblatte beginnend; dann wird sie durch eine Endblüthe abgeschlossen. Aus der Achsel des obersten Hüllblattes entspringt stets ein kleiner Laubtrieb. Die Blüthe ist stets durch ein gestieltes Kreischen, der Laubtrieb durch eine Linie wie ein Bischofsstab dargestellt. An den durch ein * bezeichneten Stellen waren leider die Blüthe und der Laubtrieb (welche aller Wahrscheinlichkeit nach dort gesessen hatten) herausgesprungen, und nur die beiden Hüllblätter stehen geblieben. Obwohl das Exemplar also ziemlich defekt ist, so glaube ich es doch abbilden zu müssen, um auf die merkwürdigen Verhältnisse aufmerksam zu machen. (Vergl. übrigens den Nachtrag.)

Fig. 13. Blüthenstand von J. alpinus im Aufrisse. Er gehört der reich verzweigten Form der Seeküste (das Exemplar stammt von Norderney) an. Um das Bild nicht allzusehr zu verwirren, sind die Blattorgane und die Köpfchen nur an den beiden untersten Zweigen ausgezeichnet, an den obern dagegen die Blattorgane weggelassen und die Köpfchen nur durch kleine Kreischen dargestellt. Der unterste Zweig hat noch sechs, der folgende fünf secundane Zweige; jener trägt 21, dieser 12 Köpfchen. Die Interfolien der Hauptachse sind natürlich bei weitem mehr gestaucht, als hier gezeichnet werden konnte.

Fig. 14. J. capitatus. Blüthenstand aus einem endständigen Köpfchen bestehend, oft ohne Seitenköpfchen.

a) ein solcher einfachster Blüthenstand, aus einem Köpfchen gebildet, welches vom untersten Deckblatte übergipfelt wird.

b) Auszweigung aus dem untersten Deckblatte; der Zweig beginnt mit einem Grundblatte α; das folgende Blatt ist bereits eine (nach vorn fallende) Bractee.

c) Wie b, aber aus der Achsel von α entspringt ein secundaner Zweig; das Grundblatt desselben konnte, weil von dem der vorhergehenden Ordnung umhüllt, nicht mit gezeichnet werden.

d) Wie c, aber mit hinzukommender Verzweigung aus der zweiten Bractee des Hauptstengels; ausser dem endständigen Köpfchen sind also zwei secundane und ein tertianes vorhanden.

Fig. 15. J. tenuis. Mässig kräftiger Blüthenstand von einem Exemplare aus der Winterlitt bei Kassel. Das unterste, den ganzen Blüthenstand übergipfelnde Blatt ist steril; es hat wesentlich den Charakter eines Laubblattes. Erst in der Achsel des zweiten Laubblattes sitzt ein Zweig. An zwei Stellen finden sich besonders grosse aber nicht zur Entwickelung gekommene Blüthenanlagen; sie sind als gestielte Punkte gezeichnet. Vergleicht man ihre Stellung mit der bei J. acutus, so tritt sofort der ganze Unterschied im Baue dieser Pflanzen hervor. Hier bei J. tenuis ist die Endblüthe des Triebes das Wesentliche; ist er zu schwach, um mehrere Blüthen hervorzubringen, so erlischt die Seitenblüthe; umgekehrt sind bei J. acutus immer die untersten Blüthen entwickelt und die obern schlagen fehl.

Fig. 16. J. Gerardi. Ein kräftiger Blüthenstand im Aufriss. Er hat sonst viele Aehnlichkeit mit dem von J. tenuis, aber es ist ihm eigenthümlich, dass die letzten Seitenblüthen nur drei Vorblätter haben, während bei J. tenuis deren stets vier vorkommen.

Fig. 17. J. Tenagea. Drei armblüthige Blüthenstände (wegen der reichblüthigen

können im Wesentlichen die Verhältnisse von J. bufonius als massgebend angesehen werden; vergl. daher Fig. 18 und den Text):

a) ein einblüthiger Stengel; in seiner Mitte ein kleines Laubblatt, dann noch drei eigentliche Hochblätter, welche nahe zusammengerückt sind; in der Achsel des untersten, bei * eine Blüthenanlage;

b) ein zweiblüthiger Stengel; die Blüthenanlage ist zur Entwickelung gekommen; sie besitzt vier Vorblätter; in der Achsel des zweiten (bei *) befindet sich wieder die Anlage einer weiteren Auszweigung;

c) Blüthenstand mit zwei Aesten; der rechts stehende hat eine dreigliedrige Sichel gebildet; der links stehende erlischt nach einer Blüthe; bei * wieder verkrüppelte Blüthenanlagen.

Fig. 18. J. bufonius. a Ein kräftiger Blüthenstand. Die kräftige Entwickelung zeigt sich sowohl in der Zahl der Aeste (3, während häufig deren nur 2 vorhanden sind), als auch in den weit fortgesetzten Sicheln. Der unterste Ast entspringt in der Mitte des Stengels aus der Achsel eines laubigen Vorblattes; die beiden folgenden sind nahe bei einander gerückt; der erste und der zweite Ast zeigen den interessanten, bei J. bufonius nicht sehr häufigen Fall der Zweigbildung aus der Achsel von α; bei dem untersten Zweige entspringt nur eine Seitenblüthe, beim folgenden aber ein dreiblüthiger Blüthenstand aus dieser Achsel.

b Ein gewöhnlicher Blüthenstand: er trägt unterhalb der Endblüthe zwei Zweige, welche beide sich abermals verzweigen. Die längste Sichel (an dem untersten Zweige rechts) besteht aus drei Gliedern.

Fig. 19. Sichelstellung von Juncus squarrosus, zugleich gültig für J. Tenagea, bufonius u. s. w. Die Blüthen sind alle völlig gleich gestellt: die Grundblätter fallen sämmtlich nach links, die Zwischenblätter, aus deren Achseln die weitere Auszweigung erfolgt, nach rechts. An allen Blüthen fällt der zweite äussere Perigongipfel nach links, der erste und dritte nach rechts.

Fig. 20a. J. trifidus. Ansicht eines vierblüthigen Blüthenstandes. Besonders zu beachten sind die umfassenden Scheiden der laubblattartigen Bracteen; sie laufen in zwei, der Lamina gegenüberstehende Oehrchen aus, welche sehr leicht für ein selbstständiges Blattorgan genommen werden können.

Fig. 20b. Derselbe Blüthenstand schematisch dargestellt; auch hier sind die dem laubigen Vorblatte gegenüberstehenden zerschlitzten Oehrchen angedeutet. Jede Seitenblüthe hat drei Vorblätter α, y, z, also keine Andeutung einer weiteren Auszweigung; die Endblüthe hat zwei Hüllblätter; das vorletzte ist etwas laubig: es hat daher auch kleine ihm gegenüberstehende Oehrchen.

Fig. 20*. J. Jacquini. Schematische Darstellung eines Blüthenstandes; rechts das aufgerichtete Laubblatt, welches dem Blüthenstande vorausgeht; derselbe beginnt erst in der Achsel des zweiten Blattes, welches noch eine kurze laubartige Spitze trägt. Die letzten Blüthen haben nur drei Vorblätter. Die Hauptachse ist etwas hin und her geknickt, da sie von den Zweigen auf die Seite geworfen wird; hierin liegt eine deutliche Hinneigung zur Sympodienbildung. t die Terminalblüthe. Der Blüthenstand hat im Ganzen 9 Blüthen; der unterste Zweig trägt deren drei, die beiden folgenden je zwei und der oberste eine.

Fig. 21. Luz. flavescens. Der Blüthenstand hat durch die ziemlich gleichstarke Entwickelung der zweiten Interfolien an den Seitenachsen einen doldigen Charakter; die

einzelnen Blüthen haben drei Vorblätter; die Hauptachse endigt bei dem hier abgebildeten Exemplare mit einer Blüthe.

Fig. 22. Luz. pilosa. Schematische Darstellung eines nicht sehr kräftigen Blüthenstandes; die Glieder der Hauptachse sind stark gedehnt gezeichnet. Die untersten Zweige sind steil aufgerichtet, die folgenden senkrecht abstehend und dabei zurückgebogen (zum Theil fast zurückgebrochen); die beiden untersten Zweige besitzen je zwei secundane Zweige, die beiden folgenden je einen, die beiden obersten keinen; der Blüthenstand ist durch eine Endblüthe abgeschlossen, was bei dieser Art nicht häufig ist. — Ist die Pflanze kräftiger, so vermehrt sich sowohl die Zahl der primanen Zweige als die der Einzelblüthen an diesen; weitere Verzweigung (bis zum vierten Grade) kommt nicht eben häufig vor.

Fig. 23. Luz. nemorosa. 9, oder wenn wir die beiden obersten Seitenblüthen mitzählen, 11 primane Zweige; die Verzweigung ist nur an dem untersten und dem dritten durchgeführt; im Uebrigen sind nur die Längen der zweiten Interfolien bis zum untersten secundanen Zweige dargestellt. Die Glieder der Hauptachse sind etwas gedehnter gezeichnet; die Einzelblüthen besitzen weniger lange Stiele, so dass sie noch mehr gruppenweise bei einander sitzen, als dies in der Figur hervortritt. Die Hauptachse ist in der vorliegenden Pflanze durch eine Endblüthe abgeschlossen; sie erlischt aber auch häufig ohne eine solche.

Fig. 24. Luz. purpurea. Ein Blüthenstand von kräftiger Entwickelung. Aeusserst charakteristisch ist für ihn die Sympodienbildung. Die Hauptachse (I) wird an der ersten Auszweigung unter einem rechten Winkel nach links gebrochen; dasselbe wiederholt sich mit der untersten secundären Achse (II) u. s. f. Die nun folgenden Auszweigungen bilden nicht mehr Sympodien; die (relativen) Hauptachsen behalten ihre Richtung bei, und die Nebenachsen gehen unter rechten Winkeln von ihnen aus. Durch die Entwickelung aller zweiten Interfolien sind die Blüthen sämmtlich von einander entfernt. Alle Achsen werden durch Blüthen abgeschlossen. Die Verzweigung der Achsen II u. III ist (um die Figur nicht zu sehr zu verwirren) nur angedeutet.

Fig. 25a. Blüthenstand der gewöhnlichen Form von Luz. campestris. Die Längenverhältnisse der Hauptachse und der Nebenachsen sind genau wiedergegeben, nur die Interfolien aller Aehren etwas gedehnter gezeichnet (der Gesammtumriss der Aehren entspricht aber doch noch der Natur). Die Blüthen innerhalb der Aehren mussten zweizeilig gezeichnet werden, was sie nicht wirklich sind; die Endähre hat 8, die Seitenähren der Reihe nach 8, 8, 7, 6 Blüthen. Die Achse erlischt oberhalb der letzten Blüthe in einem Büschelchen steriler Blätter.

Fig. 25b. Stellung einer Seitenblüthe innerhalb einer Aehre; am Grunde das nach hinten fallende Grundblatt, dann die beiden Hüllblätter.

Fig. 26. Eine Seitenblüthe mit ihren Vorblättern im Aufriss. α das zweikielige, nach hinten fallende Grundblatt, a, b, c, d . . . . die Zwischenblätter, aus deren Achseln Zweige der nächst höhern Ordnung entspringen (an diesen ist das Grundblatt durch einen schwarzen Strich angegeben); y und z die Hüllblätter. — Diese Figur gilt für alle rispig verzweigten Juncaceen; sie behält auch im Wesentlichen ihre Geltung, wenn man sich die Hüllblätter y und z nebst der Einzelblüthe durch ein Köpfchen oder eine Aehre ersetzt denkt.

Zur Kenntniss des Baues und der Entwickelungsgeschichte des Pollens der Mimoseae.

Von

S. Rosanoff.

Auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Pr. Hofmeister, habe ich mich in dem diesjährigen Frühling mit der Entwickelungsgeschichte und der anatomischen Struktur der Pollenkörner von Acacien und Mimosen beschäftigt. Obgleich ich die Untersuchung nicht für abgeschlossen halte und beabsichtige, bei Wiedererscheinen des nöthigen Materials mich wieder dran zu machen, will ich doch die bis jetzt erlangten Resultate, die einiges Interesse in Anspruch nehmen dürften, hier mittheilen.

Aus den Schriften von Köhlreuter, Mohl und Schacht ist uns sehr weniges über diesen Gegenstand bekannt: wir wissen nur, dass die Pollenkörner der Mimoseae äusserst klein sind, dass sie aus 4, 8, 16 Zellen zusammengesetzt sind und dass die 8- und 16zelligen zu 8 in jeder Anthere liegen. Schacht spricht die Voraussetzung aus, dass in jedem Fache 2 solche zusammengesetzte Pollenkörner sich befinden. Das weitere wird zeigen, dass diese Voraussetzung durch die Beobachtung nicht bestätigt wird; fürs erste wende ich mich zur Beschreibung des äusseren Aussehens der Körner, unter denen ich auf ein paar neue Formen aufmerksam machen will.

Meine Beobachtungen sind an 6 lebendigen Arten des Heidelberger botanischen Gartens und einigen 50 Herbarexemplaren angestellt.

Ein Blick auf Fig. 1—20 und 51, 52 zeigt die ganze Mannigfaltigkeit der Formen, welche uns hier entgegentritt, und dient noch einmal als Bestätigung des alten Satzes von Köhlreuter, dass die

Aehnlichkeit der Pollenkörner nicht immer mit den Umgrenzungen der Verwandtschaftskreise zusammenfällt. — Bei der Beobachtung dieser Formen wird der Gedanke unwillkürlich zu einem Vergleiche der Mimoseae in dieser Hinsicht mit einer Familie, welche an das entgegengesetzte Ende der Phanerogamenreihe hingehört, nämlich mit der der Orchideen, hingedrängt. Wie wir dort der Hauptsache nach drei Hauptformengruppen der Pollenkörner haben: die der Cypripedieae, Neottieae und Ophrydeae, so würde auch hier die natürlichste Eintheilung in drei analoge Formenreihen sein; an diese Eintheilung will ich mich bei der weiteren Beschreibung halten.

In die erste Abtheilung sind diejenigen Arten hinzustellen, deren Pollen einzellig ist und von der gewöhnlichsten Form der anderen Pflanzen keine besonderen Abweichungen zeigt. Hierher gehören: Desmanthus plenus Willd. (Fig. 3 u. 4), D. virgatus Willd. (Fig. 1 u. 2), D. strictus, Mimosa agrestis Sieb. (Fig. 8), M. glauca, Acacia leucocephala Link., Ac. latisiliqua L., Prosopis elephantina Burch. Die Form der einzelligen Körner variirt von der eines abgeplatteten Ellipsoids (D. virgatus) bis zu der eines ziemlich langgezogenen solchen; die Grösse ist am bedeutendsten bei Desmanthus virgatus (0,0726 ^{mm} Längen- und 0,0528 Breitendurchmesser), am kleinsten bei Mimosa agrestis (0,0264 und 0,0429 ^{mm}). Alle haben eine körnige Exine, deren Körnchen manchmal (Fig. 1, 2, 3) lang gezogen und in Linien angeordnet sind, die nach den Polen zu convergiren. Die Exine ist an drei Längsstreifen, deren Mittellinien um 120^{0} von einander abstehen, unterbrochen und an diesen verdünnten Stellen scheint unter der Intine eine bedeutende Anhäufung von stark lichtbrechender Substanz stattzufinden, eine Anhäufung, wie sie anderwärts nicht selten vorkommt. In einigen Fällen befinden sich im Aequator des Kornes, innerhalb der verdünnten Streifen runde Poren der Intine, unter denen dieselbe Substanz ringförmig angeordnet zu sein scheint (Fig. 1, 2, 3, 4). Bei Einwirkung von Schwefelsäure wird an diesen Stellen die Intine herausgestülpt (Fig. 1) und es ist kein Zweifel, dass diese Poren die Austrittsstellen der Pollenschläuche sind.

Eine zweite Gruppe bilden unter den von mir untersuchten Arten: Mimosa pudica L., M. casta, M. hirsuta, Schrankia uncinata, bei welchen Pollentetraden auftreten und eine nicht bestimmte Art von Schrankia, bei welcher Pollenoctaden uns zum ersten Male entgegentreten. Jedoch unterscheiden sich diese Octaden von den später zu beschreibenden dadurch, dass sie in gewöhnlich gebauten vierfächerigen Antheren in grosser Masse angehäuft sind, während

die anderen zu acht in jeder Anthere liegen. Die Tetraden haben denselben Bau, wie die der Neottieae, Ericaceae, Typhaceae etc. und verfolgen wahrscheinlich denselben Entwickelungsgang. Die Octaden (Fig. 51, 52) sind von länglicher Form und durch eine Scheidewand in zwei Hälften getheilt, deren jede aus vier Zellen besteht, welche das eine Mal in beiden Hälften gleich angeordnet sind und zwar in einer Fläche, das andere Mal in einer von den Hälften eine sich mehr oder weniger an die tetraedrische annähernde Lage zeigen. Wie die Tetraden zeigen auch die Octaden an den Ecken der einzelnen Zellen runde der Cuticula entbehrende Stellen, aus welchen bei Behandlung mit Schwefelsäure die Intine hervorquillt. Ob hier Poren zugegen sind, konnte ich mir nicht klar machen, da diese zusammengesetzten Körner nicht nur unter den Mimosen, sondern überhaupt unter den Phanerogamen zu den kleinsten gezählt werden dürften: eine ganze Tetrade von Mimosa pudica oder von Mimosa casta hat durchschnittlich einen Durchmesser von 0,0099^{mm}.

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der weitaus zahlreichsten Gruppe von Acacien und Mimosen, welche ausgezeichnet ist durch complicirteren Bau der Pollenkörner, durch geringe Zahl derselben in jeder Anthere und endlich durch ihren abweichenden Modus der Entwickelung. Die Zahl der Zellen, aus welchen jedes der 8 in einer Anthere befindlichen Körner besteht, ist bei den verschiedenen Arten verschieden und zwar immer ein Multiplum von 4: sie sind 8-, 12-, 16-, 32-, 36zellig. Die einzelnen Zellen sind auch so angeordnet, dass das Korn durch mehre durchgehende Scheidewände in eine Anzahl Tetraden zerlegt werden kann. Achtzellige Pollenkörner habe ich bei folgenden Arten gefunden: A. undulata (Fig. 10), A. cordifolia Sweet., A. linifolia (Fig. 11), A. decipiens R. Br., A. paradoxa D. C.; Inga tergemina Willd. Ausserdem führt Mohl (Ueber den Bau und die Formen der Pollenkörner. Beitr. 1834, pag. 101) Acacia chloranta Zucc., Mimosa latispinosa und Inga anomala an. Letztere zeigt in ihrem merkwürdigen Bau und Aussehen die vollständigste Uebereinstimmung mit Inga tergemina; nur konnte ich nicht die bei Mohl abgebildeten und besprochenen kleinen Zellen am Grunde (spitzen Ende) des sehr grossen eiförmigen Pollenkorns sehen. Jedoch will ich nicht daraus auf die Abwesenheit derselben bei Inga tergemina schliessen, da meine Beobachtung an einem ziemlich alten Herbarexemplar angestellt worden ist. Das Pollenkorn von Inga tergemina ist das grösste von allen, die ich bei den Mimoseae gesehen habe: es misst in seiner Längenausdehnung ungefähr 0,132^{mm} und in

dem Breitendurchmesser bis 0,0792 mm. Der achtzellige Pollen der anderen genannten Arten zeigt verschiedene Anordnung der Zellen: Bei A. decipiens (Fig. 17) ist die Lage so, wie sie von Mohl beschrieben worden ist, d. h. die Zellen der einen Hälfte alterniren mit denen der anderen; bei A. paradoxa (Fig. 20) und A. cordifolia (Fig. 11) ist das ganze Korn einschichtig: es liegen in der Mitte zwei mehr oder weniger cubische Zellen neben einander, die von sechs peripherischen Zellen umgeben sind. Ueberaus häufig sind jedoch bei der letzteren Form Anomalien in der Anordnung der Zellen, die darauf hinausgehen, dass die zwei mittleren Zellen anstatt cubisch zu sein, Pyramidenform annehmen und dann mit ihrer Spitze entweder nach der gleichen Seite gekehrt sind oder nach entgegengesetzter. Im ersten Falle sieht das Korn von der einen Fläche 6zellig (Fig. 11, c), von der anderen 8zellig, im zweiten Fall — von beiden Seiten 7zellig aus. Die allgemeinen Umrisse des Kornes, welche immer oval sind, werden dabei durchaus nicht gestört, die äusseren Zellen adaptiren ihre Form so, dass das ganze Korn dabei noch immer eine vollkommen zusammenhängende einzellige Schicht darstellt. Was ich hier noch weiter über die feinere Struktur der Zellhaut der einzelnen constituirenden Zellen sagen will, gilt eben so gut für die 8zelligen Staubkörner dieser Gruppe als auch für die weiter zu beschreibenden complicirteren Formen. Die Zellen haben eine Haut, welche aus zwei Schichten besteht: einer Intine und einer Exine, welche letztere aber an den verschiedenen Seiten der Zellen verschieden stark entwickelt ist. Nach Aussen, an den freien Aussenwänden ist sie sehr stark und umgiebt als eine zusammenhängende Schicht das ganze Pollenkorn; in die radialen Wände zieht sie sich hinein allmählich dünner werdend, und an den innersten Theilen der Seitenwände ebenso wie an der Innenwand selbst ist sie schwer nachzuweisen; doch es gelingt manchmal. Beim Behandeln mit Jod und Schwefelsäure schwillt die Intine beträchtlich; macht die Exine an der Innenwand bersten und letztere sitzt dann auf der mehr oder weniger abgerundeten Zelle wie eine eckige Kappe von dunkelbrauner Farbe auf. Fig. 19, 14, 48, 49 bringen diese Verhältnisse zur Anschauung. Bei aufmerksamer Betrachtung der Pollenkörner unter stärkerer Vergrösserung, bemerkt man an den Aussenflächen der Zellen je nach der Einstellung dunkle oder helle Streifen, die in ihrem Verlaufe eine gewisse Regelmässigkeit zeigen (Fig. 9, 10, 11, 17, 18, 19). Sie fehlen bei manchen Arten (Fig. 12); wo sie aber vorhanden sind, da bemerkt man immer, dass sie parallel

den Aussenkannten der Zellen gehen und somit einen annähernd quadratischen Raum einschliessen. Bei einigen (Fig. 10, 12, 18) sind diese quadratischen Räume noch gefächert, indem die Hauptlinien mehr oder weniger nach Innen buchtig einspringen und die Buchten einander begegnen. Die genaue Beschauung der Randzellen und von Pollenschnitten überzeugt uns leicht, dass diese Linien Furchen der Exine entsprechen.

Ausser den Streifen, die oft nur an einzelnen Zellen desselben Kornes auftreten, zeigen diese Pollenkörner auch Poren, über deren Vertheilung ich nur sagen kann, dass sie meistens an den Ecken der einzelnen Zellen sich befinden und nicht nur an den nach Aussen gekehrten Ecken, sondern auch an den inneren, wo man oft sehr deutlich die ringförmige Anhäufung einer stark lichtbrechenden Substanz an der Innenfläche der Intine sehen kann.

Die Pollenkörner bestehen aus 12 Zellen bei Ac. rutaefolia (Fig. 14), Ac. pentadenia, Ac. pulchella, Ac. sp. (Fig. 18, 13); aus 16 Zellen sind sie zusammengesetzt bei A. Julibrissin Willd., A. alata, A. pugioniformis Wendl., A. prostrata Loddig., A. stricta Willd., A. dodonaefolia Willd., A. calamifolia, A. quadrilateralis DC., A. falcata, A. penninervis Sieb., A. melanoxylon, A. heterophylla Willd., A. amoena, A. myrtifolia, A. cultriformis, A. vestita, A. suaveolens Willd., A. oxycedrus S., A. linearis Sims., A. floribunda Vent., A. lophanta, A. tamarindifolia L., A. fallax E. M., A. prismatica Hoffmeg., A. dealbata Link., A. decurrens Don., A. pubescens, A. discolor Andr., A. caracasana Jacq., A. Lebbek, A. longifolia, A. verticillata und noch 3 nicht sicher bestimmten Arten; ausserdem Mimosa Sejal, Adenanthera pavonina L., Inga nitida Willd., I. unguis cati.

Als letzte Form, welche noch dieser Gruppe zuzuzählen ist stellen sich die 32- und 36zelligen Pollenkörner von Inga spectabilis Willd. dar, welche nächst denen von Inga tergemina die grössten sind. Sie sind, wie aus Fig. 15 zu ersehen, länglich oval und haben einen Längsdurchmesser von circa 0,1188 ^{mm} und einen Breitendurchmesser von 0,0924 ^{mm}. Die Anordnung der einzelnen Zellen lässt sich nicht auf einzelne Tetradengruppen zurückführen und die Zahl der Zellen selbst scheint zu schwanken: ich habe 32- und 36zellige Pollenkörner an demselben Exemplar beobachtet. Zeichnungen und Poren konnte ich auch nicht unterscheiden.

Was die Grössenverhältnisse der 16zelligen Körner anlangt, so sind sie ziemlich verschieden, wie ein Vergleich der Fig. 9 und Fig. 12 lehrt. Die Anordnung ihrer constituirenden Zellen ist, abgesehen von

Unregelmässigkeiten, die sehr oft durch ungleichmässige Entwickelung derselben bedingt werden, gewöhnlich die, dass 8 Zellen, die in zwei Lagen zu 4 übereinanderliegen, von einem Kreise von anderen 8 Zellen umgeben sind; demgemäss ist die allgemeinste Form der 16-zelligen Körner — die einer biconvexen Linse.

Wie schon zuvor erwähnt, zeichnen sich die Pflanzen der zuletzt betrachteten Gruppen dadurch aus, dass bei ihnen die zusammengesetzten Körner nur zu 8 in jeder Anthere enthalten sind. Die fertigen Antheren selbst sind mit einem ziemlich massigen Connektiv versehen und auf der Rückseite an das Filament angeheftet, welches meist unverhältnissmässig lang ist. Fig. 46 zeigt eine aufgesprungene Anthere bei mässiger Vergrösserung: jede Hälfte ist aufgeklappt und die Körner sind herausgefallen. Man bemerkt aber an der Innenwand zwei sich kreuzende, wenig hervorragende Leisten, die vier Einsenkungen von einander scheiden, in welchen die vier Pollenkörner einer Theca gelegen haben. Beobachtet man aber frühere Entwickelungszustände, so findet man Folgendes:

Die Antheren stellen anfangs die unmittelbare, keulenförmig angeschwollene Fortsetzung des Filaments dar und bestehen aus vollkommen gleichmässigem Gewebe. Durch darauf folgendes Wachsthum in die Breite und zugleich nach Unten und Innen und nach Oben und Aussen wird die von der Flächenansicht jetzt viereckige Anthere von dem Filamente abgegliedert und zugleich die Anheftungsstelle des letzteren auf den Rücken des Staubkölbchens hinaufgeschoben. Unmittelbar unter dem Epithel differenzirt sich eine Schicht abgestutzt pyramidenförmiger Zellen, die sich dann weiter in verschiedenen Richtungen theilen, an welchem Theilungsprocess vier den Ecken der Antherenhälfte entsprechende Zellen in der Art theilnehmen, dass eine grosse Zelle entsteht, die sich von den sie umgebenden tafelförmigen Zellen sowohl durch Grösse als durch Form unterscheidet (Fig. 36, 40, 41: A. verticillata; Fig. 33: A. paradoxa). Diese Zelle, die anfangs mit den sie umgebenden concentrischen Schichten in festem parenchymatischen Verbande sich befindet, ist die Mutterzelle des zusammengesetzten Pollenkornes, und solcher werden also in jeder Antherenhälfte 4 gebildet. Sie haben eine längliche von planen Wänden begrenzte Form und zeigen sowohl in der Profil- als in der Flächenansicht der Antheren eine nach den Ecken derselben geneigte Lage. Bei den äusserst kleinen Dimensionen dieser Objekte und ihrer Undurchsichtigkeit ist es fast unmöglich Schnitte herzustellen

oder ohne vorherige Behandlung mit verschiedenen Reagentien klare optische Durchschnitte zu erhalten: deshalb musste ich entweder zum letzteren Mittel Zuflucht nehmen oder die Mutterzellen durch Druck aus den Antheren befreien.

Die frühesten von mir abgebildeten Zustände sind die auf Fig. 32 und 36 dargestellten, bei welchen ich zwei Zellkerne vollkommen deutlich unterscheiden konnte. Darauf wächst die Zelle sichtlich in allen Richtungen und fängt an die 3—4 Lagen der sie umgebenden Zellen allmählich zu verdrängen; Fig. 22 stellt eine Mutterzelle dar, die sich in 2 getheilt hat und die aus der Anthere herausgedrückt worden war. In ihr war der Inhalt gleichmässig vertheilt, keine Zellkerne sichtbar und an der Aussenseite der Membran konnte man, bei Betrachtung mit dem Hartnak'schen Immersionssystem 9 dünne Fortsätze unterscheiden, die sich als Profilansichten von den Resten der radialen Scheidewände der Zellen, die die Mutterzellen zunächst umgaben, erwiesen. Dasselbe Verhältniss zeigt Fig. 27, wo der Inhalt der beiden ersten Tochterzellen zusammengezogen und die Zellkerne deutlich unterscheidbar waren. Fig. 25 zeigt in einer von den Tochterzellen die weitere Theilung in Form einer hervortretenden Leiste. In Fig. 30 sind in jeder der Tochterzellen zwei secundäre Zellkerne sichtbar und in Fig. 37 ist auch die darauf folgende Theilung schon eingetreten. Mit der weiteren Theilung dauert das Wachsthum des ganzen Complexes von Tochterzellen fort und es wird dabei eine Schicht der umgebenden Zellen nach der anderen resorbirt und ihre Substanz in eine körnige, das zusammengesetzte Pollenkorn von allen Seiten umgebende Membran verwandelt, die durchaus von der Exine des Pollenkorns zu unterscheiden ist. Die erwähnte Membran umgiebt lose das Pollenkorn, zwischen ihr und dem letzteren befindet sich ein hohler Raum, in dem sich einzelne Körnchen und Tröpfchen befinden; sie löst sich nicht in conc. Schwefelsäure auf und zeigt überhaupt die Reaktionen einer Cuticula. Fig. 20 und 39 zeigen 2 Pollenkörner, die aus einer noch unreifen Anthere herausgedrückt worden und dabei mit der sie umhüllenden Membran herausgesprungen waren. Fig. 21 u. 35 zeigt Fetzen dieser Hülle, an denen man sieht, dass sie aus einer homogenen Grundsubstanz besteht, in welche Körnchen ziemlich gleichmässig eingebettet sind; dann finden sich aber noch andere grössere Körnchen, welche in netzartig verlaufenden Linien angeordnet sind. Letztere Bildung kann ich nicht anders auffassen, als Spuren der radialen Wände der zuletzt resorbirten Zellen. Oftmals bleibt diese umhüllende Membran in der das

Korn einschliessenden Höhlung stecken, während das Korn selbst herausgetreten ist, wie Fig. 44 es zeigt. Hier sieht man zugleich, dass die zuletzt beschriebene netzartige Zeichnung manchmal fehlt. Die ganze Bildung dieser Membran erinnert an die mehr oder weniger breiartige, körnige Masse, welche bei manchen Liliaceen z. B. die Mutterzellen des Pollens von einander trennt.

Der Punkt, auf den ich bei der ganzen Bildungsgeschichte der uns beschäftigenden Pollenkörner hauptsächlich Gewicht legen möchte, ist der, dass von Anfang an und bis zur vollkommenen Resorption des scheidenden Gewebes die heranwachsenden Pollenkörner in ganz abgeschlossenen Hohlräumen liegen und dass das Gewebe, welches die Längsscheidewand bildet, weder in seiner Mächtigkeit noch in seiner Form irgendwie von dem Gewebe abweicht, welches die Querscheidewand der Antherenhälfte bildet. Fig. 33, 34, 27, 40, 41, 43 und insbesondere Fig. 53 zeigen dieses Verhältniss vollkommen deutlich. Daraus leuchtet ein, dass wir es hier mit der Anlage nach achtfächerigen Antheren zu thun haben, welche bei der Reife durch Resorption der die Fächer scheidenden Gewebepartien — 2fächerig werden.

Zur Reifezeit des Pollens bestehen die Aussenwände der Antheren aus 2 Schichten von Zellen, deren innere aus Netzfaserzellen besteht und deren äussere aus nach Aussen halbkugelig hervorragenden und mit einer zierlich gestreiften Cuticula versehenen Zellen zusammengesetzt ist.

Was nun die Bildung von Specialmutterzellen und andere Verhältnisse, die sich auf die Vorgänge bei der Theilung der Mutterzellen der Pollenkörner beziehen, betrifft, so bin ich bis jetzt nicht zu entscheidenden Ergebnissen gekommen, weshalb ich dieses Mal auf ihre Besprechung verzichten muss.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XXXI u. XXXII.

Fig. 1. Einzelliges Pollenkorn von Desmanthus virgatus Willd. von oben gesehen.

Fig. 2. Dasselbe von der Seite.

Fig. 3. Einzelliges Pollenkorn von Desm. plenus Willd., von oben.

Fig. 4. Dasselbe von der Seite.

Fig. 5. Pollentetraden von Schrankia uncinnata Willd., Fig. 6, vom Rücken.

Fig. 7. Pollentetrade von Mimosa pudica L., a in Wasser, b in Schwefelsäure.

Fig. 8. Einzellige Pollen der Mimosa agrestis, a von der Seite, b vom Scheitel.

Fig. 9. 16 zelliges Pollenkorn von Acacia alata.

Fig. 10. Ein 8 zelliges Pollenkorn von A. undulata, a unnormal, b ebenso, mit durchscheinenden hinteren Kanten, c optischer Durchschnitt senkrecht zur Fläche, d normal.

Fig. 11. A. linifolia, 8 zelliges Pollenkorn, a normal, b unnormal von der einen Seite, c dasselbe von der anderen Seite.

Fig. 12. A. lophanta, 16 zelliges Pollenkorn, ohne Furchen der Exine.

Fig. 13 a u. b. 12 zellige Pollenkörner von A. rutaefolia; an einigen Zellen Furchen der Exine.

Fig. 14. Einzelne Zelle eines 8 zelligen Pollenkorns von A. undulata, die Tüpfel an den Ecken zeigend.

Fig. 15. 36 zelliges Pollenkorn von Inga spectabilis.

Fig. 16. 8 zelliges Pollenkorn von Inga tergemina.

Fig. 17. 8 zelliges Pollenkorn von A. decipiens.

Fig 18. 12 zelliges Pollenkorn von Ac. sp.?, besonders schön die viereckigen Furchen der Exine zeigend.

Fig. 19. Eine vereinzelte Zelle desselben Kornes nach Behandlung mit Schwefelsäure.

Alle Figuren von 1 bis 19 sind bei einer Vergrösserung von 600 gezeichnet und möglichst genau in ihrer relativen Grösse dargestellt.

Fig. 20. Ein in der umhüllenden Membran eingeschlossenes 8 zelliges Pollenkorn von Ac. paradoxa bei 600 maliger Vergr.

Fig. 21. Ein Stück dieser Membran (Vergr. $= \frac{600}{1}$).

Fig. 22. Pollenmutterzelle (Vergr. $= \frac{1050}{1}$).

Fig. 23. Ein späterer Zustand derselben (Vergr. $= \frac{1050}{1}$). Bald nach dem Herausdrücken wurde der Inhalt gleichmässig vertheilt und die lichten Höfe verschwanden.

Fig. 24. Anfang der Bildung secundärer Tochterzellen (Vergr. $= \frac{1050}{1}$).

Fig. 25. Weiterer Zustand desselben Vorgangs (Vergr. dieselbe).

Fig. 26. Eine in zwei Tochterzellen getheilte Mutterzelle; der Inhalt verschrumpft und die Kerne deutlich unterscheidbar (Vergr. $= \frac{1050}{1}$). Die umgebenden Zellen fangen an resorbirt zu werden.

Fig. 27. Der optische Durchschnitt durch eine unreife Antherenhälfte parallel der Vorderseite der Anthere (Vergr. = $\frac{600}{1}$) von Ac. paradoxa.

Fig. 28 u. 29. Mutterzellen der Polllenkörner, in zwei Tochterzellen getheilt, noch im parenchymatischen Verbande mit den sie umgebenden tafelförmigen Zellen.

Fig. 30. Herausgedrückte Mutterzelle, die sich anschickt, sich in 2 Tochterzellen zu theilen.

Fig. 31. Junge Anthere bei auffallendem Licht, schwach vergrössert (Ac. paradoxa).

Fig. 32. Mutterzelle mit 2 Kernen (Ac. paradoxa). Vergr. = $\frac{1050}{1}$.

Fig. 33. Optischer Durchschnitt einer jungen Anthere von der Seite aus gesehen; man sieht die 4 Mutterzellen einer Antherenhälfte; der gestrichelte Zwischenraum ist geschlossenes Zellgewebe (Vergr. = $\frac{450}{1}$).

Fig. 34. Durchschnitt durch eine in Gummi-Arabicum eingetrocknete Anthere von A. verticillata. Zwei Zellschichten zwischen dem fast fertig gebildeten Pollenkorn und der Aussenwand der Anthere sind noch vorhanden.

Fig. 35. Stück der umhüllenden Membran eines Pollenkorns von Ac. armata (Vergr. = $\frac{1050}{1}$).

Fig. 36. Ecke einer Antherenhälfte mit einer Mutterzelle, die erst 2 secundäre Kerne gebildet hat; Ac. verticillata (Vergr. = $\frac{600}{1}$).

Fig. 37. In vier Tochterzellen getheilte Mutterzelle von Acacia verticillata (Vergr. = $\frac{600}{1}$).

Fig. 38. Dieselbe von der Kante gesehen.

Fig. 39. Pollenkorn, in die Hüllenmembran eingeschlossen (Vergr. = $\frac{600}{1}$).

Fig. 40. 41. Optische Durchschnitte der Anthere von Ac. verticillata von der Seite und von vorn; Fig. 42 Flächenansicht von hinten (Vergr. = $\frac{600}{1}$).

Fig. 43. Durchschnitt einer in Gummi-Arabicum eingeschlossenen Anthere senkrecht auf die Längsachse.

Fig. 44. Die nach dem Herausfallen des Pollenkorns zurückgebliebene Hüllmembran. (Ac. longifolia; Vergr. circa $\frac{600}{1}$.)

Fig. 45. Durchschnitt durch die Seitenwand der Anthere von A. longifolia.

Fig. 46. Aufgesprungene und entleerte Anthere bei schwacher Vergrösserung.

Fig. 47. Tangenten-Durchschnitt durch die Netzfaserzellen einer Anthere von A. longifolia (Vergr. = $\frac{600}{1}$).

Fig. 48. Eine Theilzelle des Pollenkorns von A. longifolia mit bei Einwirkung von Jod und Schwefelsäure aufgeblähter Intine und abgehobener Exine. Am Grunde ein Tüpfel.

Fig. 49. Eine ähnliche Zelle.

Fig. 50. Eine von den mittleren Zellen des Pollenkorns mit nach zwei Seiten (den Aussenseiten) stärker entwickelter Cuticula.

Fig. 51. 52. Pollenkörner von Schrankia sp.?

Fig. 53. Durchschnitt durch den mittleren Theil einer noch jungen Antherenhälfte parallel der Seitenwand geführt. — Sehr deutlich die Scheidung der Höhlungen, in denen die einzelnen Pollenkörner liegen.

Heidelberg am 12. Juli 1865.

Ueber die Befruchtung der Salviaarten mit Hülfe von Insekten.

Von

F. Hildebrand.

Schon am Ende des vorigen Jahrhunderts, 1793, erschien das Werk Christian Konrad Sprengel's, betitelt: Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen; ein Buch, welches reich ist an direkten Beobachtungen über die Hülfe der Insekten bei der Befruchtung der Pflanzen. Leider sind die darin enthaltenen thatsächlichen richtigen Beobachtungen mit einer grossen Anzahl von Hypothesen, die manchmal sehr kühn hingestellt werden, untermischt, so dass diese letzteren in ihrer Unhaltbarkeit für Manche Veranlassung gewesen sind, das ganze Buch zu verwerfen und alles darin Vorkommende als nur aus der Einbildungskraft des Verfassers hervorgegangen anzusehen. So ist denn bis vor einigen Jahren die Hülfe der Insekten bei der Pflanzenbefruchtung fast ganz unberücksichtigt geblieben; man forschte danach, was der auf die Narbe gebrachte Pollen für einen Einfluss auf die Eier ausübe, sorgte aber wenig darum, wie dieser Pollen auf die Narbe gelangt und ob die Gestalt der Blüthen mit ihrer Befruchtungsart nicht in Beziehung stehe. Charles Darwin hat sich nun durch sein Werk über die Befruchtung der Orchideen durch Insektenhülfe das Verdienst erworben, diese Richtung in den Untersuchungen wieder angebahnt zu haben. Die Familie der Orchideen war zu diesem Zwecke die geeignetste, indem hier eine Menge der verschiedensten Einrichtungen zur Befruchtung der Blüthen durch Insekten sich findet, welche jedem, der nicht bis zum Uebermaass zweifeln will, in die Augen fallen müssen.

Aber auch in anderen Pflanzenfamilien finden sich Fälle, wo der Bau der Blüthen und die Lage der beiden Geschlechtsorgane zu einander derartig ist, dass die Befruchtung nur durch Hülfe der Insekten geschehen kann. Von meinen auf diesem Gebiete in den letzten Jahren gemachten Beobachtungen will ich an dieser Stelle nur über diejenigen sprechen, welche sich auf einige Arten der grossen Gattung Salvia beziehen, um zu zeigen, wie in einer und derselben Gattung mehrere verschiedene Befruchtungseinrichtungen sich finden. Diese Einrichtungen werden leicht im Zimmer in ihrer Eigenthümlichkeit nachuntersucht werden können; wer aber direct sehen will, wie die Insekten thätig sind, wird einige Geduld haben müssen und besonders sich der Sonne im Sommer im Freien aussetzen.

Die Gattung Salvia (Taf. XXXIII) hat in allen ihren Arten zwei Staubgefässe, welche eigenthümlich ausgebildet sind, indem das Konnectiv der Antheren stark verlängert ist und an dem einen Ende eine vollkommene Antherenhälfte trägt, während an dem anderen die zweite Hälfte vollständig oder doch zum Theil verkümmert ist. Diese beiden Staubgefässe sind der Röhre einer rachenförmigen Blumenkrone eingefügt, welche meist eine helmartige Oberlippe besitzt. Ausser den beiden genannten Staubgefässen finden sich dann an der Blumenkronröhre noch zwei fadenartige abortirte eingefügt (Fig. 41), die aber nach meinen Beobachtungen für die Befruchtung der Blüthen durch die Insekten von keiner Wichtigkeit sind. Der aus der Mitte des vierspaltigen oberständigen Fruchtknotens entspringende lange Griffel liegt gewöhnlich der oberen Seite der Blumenkrone an und tritt meist aus der helmartigen Oberlippe ein Stück hervor, sich an seiner Spitze in zwei mehr oder weniger ungleich grosse Theile spaltend, welche auf ihrer Innenseite mit Narbenpapillen besetzt sind. Am Grunde des Fruchtknotens, an dessen unterer Seite, findet sich die honigabsondernde Drüse, oder der etwas angeschwollene Boden selbst, welchem der Fruchtknoten aufsitzt, ist das nektarabsondernde Organ. Der Nektar befindet sich also im Grunde der Blumenkronröhre.

Die hauptsächlichsten Verschiedenheiten bei den Blüthen der Salviaarten liegen nun darin, ob die Antheren von der Oberlippe der Blumenkrone eingeschlossen sind oder nicht — ob das Konnektiv auf dem Filamente beweglich eingefügt ist oder ihm fest aufsitzt — wie die unteren abortirten Theile der Antheren gestaltet sind — und ob sie den Schlund der Blumenkrone verschliessen oder nicht.

Wir wenden uns zuerst zur Beschreibung einiger der Arten, bei

denen die Antheren auf beweglichen Konnektiven sitzen und von der Oberlippe der Blumenkrone eingeschlossen sind, während der Griffel mit der Narbe aus der Blumenkronoberlippe hervorragt. Unter diesen haben wir wiederum einige, bei denen die unteren abortirten Antherenhälften den Schlund der Blumenkronröhre vollständig verschliessen, andere, wo dieselben frei in diesem Schlunde liegen. Von jenen besprechen wir zuerst:

Salvia pratensis. Fig. 1. 2. 3.

Die Vorrichtungen, welche sich bei dieser Art in den Blüthen zur Befruchtung durch Insekten finden, sind von C. K. Sprengel schon so genau in dem oben gedachten Werke p. 95 ff. beschrieben worden, dass wir kaum etwas Neues hinzuzufügen haben. Den beiden der Blumenkronröhre rechts und links eingefügten kurzen Filamenten sitzen die Konnektive beweglich auf. Diese Konnektive haben folgende Gestalt: von ihrem Anheftungspunkt am Filament sind sie nach oben hin fadenförmig gestaltet und verlaufen beide parallel unter dem Rücken der helmartigen Blumenkronoberlippe; an seiner Spitze trägt jeder dieser Konnektivschenkel einen langgestreckten beim Aufspringen einfächrigen Staubbeutel; diese beiden Staubbeutel liegen vollständig in der Oberlippe der Blumenkrone eingeschlossen (Fig. 2), indem sie weder an ihrer Spitze hervorragen, noch nach vorne frei liegen, die Ränder der Oberlippe sind nämlich vorne übereinandergelegt und nur an der Spitze dieser bleibt eine kleine Oeffnung für den Durchgang des Griffels. Es liegen hier also Antheren gegen Wind und Wetter geschützt ganz abgeschlossen und fallen auch nicht später etwa von selbst nach vorne über, so dass ohne besondere Hülfe kein Pollen aus ihnen entfernt werden kann. Das untere bedeutend kürzere Stück der Konnektive (Fig. 3 c^1) verbreitert sich bald unter dem Anheftungspunkt am Filament, f, in der Weise, dass sich bei dem rechten Staubgefäss rechts, bei dem linken links ein plattenförmiger Körper ansetzt; beide Platten biegen sich in ihrer Mitte nach vorn um, indem sie sich von hier ab nach und nach verschmälern und endlich vorne zusammentreffen. An dieser Stelle haben sie eine schwarzbraune Farbe und sind so fest miteinander vereinigt, dass es nur mit einiger Mühe gelingt, sie voneinander zu trennen. Es wird in dieser Weise durch die beiden unteren Anhänge der Konnektive eine Platte gebildet, welche eine löffelartige Gestalt hat; dieser Löffel liegt nun so in dem Eingang zur Blumenkronröhre (Fig. 2), dass er denselben vollständig abschliesst, und nichts zu dem Grunde der Blumenkrone, in welchem von dem Polster unter dem Frucht-

knoten der Honigsaft abgeschieden wird, vordringen kann, ohne diesen Löffel fortgestossen zu haben. Dies ist nun gerade die merkwürdige Einrichtung, welche es möglich macht, dass Insekten die Befruchtung bewerkstelligen: stösst man nämlich (Fig. 1) mit einem vorne etwas spitzen Körper gegen den Konnektivlöffel, so wird dieser vermöge der beweglichen Anheftung der Konnektive an die Filamente nach hinten und oben zurück gedrückt und der Zugang zum Honigsaft so frei gemacht; zu gleicher Zeit biegen sich aber nun durch den gedachten Druck die oberen Konnektivschenkel mit ihren Antheren aus der Oberlippe, welche sie früher fest einschloss, nach vorne über, und es ist fast unvermeidlich, dass nicht der drückende oder stossende Körper in dieser Weise von den Antheren berührt und mit Pollen bestäubt werde. Hierbei erkennen wir namentlich den Zweck, weshalb die beiden Hälften des Konnektivlöffels an der erwähnten schwarzen Stelle fest mit einander vereinigt sind; wären sie es nicht, so würde ein eindringender Körper die einfach nur sich berührenden Konnektive voneinander stossen und der Eingang zum Nektarium würde frei, ohne dass die Antheren aus der Oberlippe herausbewegt würden. Weiter ist nun noch die Befestigung der Konnektive an den Filamenten eine derartig elastische, dass, nach Aufhören des Druckes auf die unteren Schenkel, diese wieder nach vorn und die oberen nach hinten in die Oberlippe zurückspringen. Durch diese Einrichtung ist es möglich, dass der Pollen aus den Antheren einer und derselben Blüthe auf den Rücken mehrerer Insekten, welche dieselbe hintereinander besuchen, aufgestrichen werde und so möglichst wenig davon verloren geht und unbenutzt bleibt. — Zwar findet man manchmal die Antheren aus der Oberlippe herausgedrückt und nicht wieder zurückgesprungen, dies rührt aber einestheils daher, dass nach öfterem Besuch der einzelnen Blüthe durch Insekten, die Elasticität der Konnektivbewegung aufhört, oder, was wohl öfter der Fall ist, dass unbefugte Insekten kommen, welche zu gross sind, um ohne Zerreissung des Konnektivlöffels mit dem Rüssel zum Nektar zu gelangen, oder deren Rüssel zu kurz ist, so dass sie mit dem ganzen Körper sich durch den Schlund der Blumenkronröhre hindurchzwängen und dadurch den Konnektivlöffel zerreissen.

Gehen wir nun zu der direkten Beobachtung der Insektenthätigkeit über, so müssen wir sagen, dass die Salvia pratensis eine der Arten ist, bei welcher sich diese am leichtesten beobachten lässt: wer an einem sonnigen Tage eine Wiese besucht, wo diese Pflanzen in Menge stehen, der wird gewiss Gelegenheit haben die Hummeln,

welche hier die Befruchter sind, in ihrer Arbeit zu bewundern; dieselben sind so emsig, dass sie ganz unbekümmert die Blüthe aussaugen, ohne sich an den Beobachter zu kehren. Mit ihrem eigenthümlichen Brummen setzen sie sich auf die Unterlippe der Blüthen und stossen mit ihrem Rüssel, ohne weiter zu suchen, gegen den, den Eingang zum Honigsaft verschliessenden Konnektivlöffel; dieser giebt sogleich dem Drucke nach, aber in demselben Augenblick treten auch die Antheren aus der Oberlippe hervor, und während nun die Hummel den Saft saugt und dabei sich bewegt, wird der Pollen auf ihren haarigen Rücken angestrichen. Manchmal erblickt man Hummeln, die so mit Pollen bestäubt sind, dass man, als ich eine solche gefangen vorzeigte, die Meinung aussprach, ich habe künstlich diese Masse Pollen auf den Rücken derselben gestrichen. Wie gesagt besuchen die Hummeln hier die Blüthen unter Gebrumme, nicht unter Gesimse; das letztere scheint mir nach den Beobachtungen, die ich an anderen Pflanzen gemacht habe, ein Zeichen zu sein, dass Pollen gesammelt werde; namentlich kann man solches an Päonien beobachten, wo die Hummeln sich mit Gebrumme nähern, dann aber bei dem Sammeln des Pollens, was man direkt beobachten kann, einen ganz anderen simsenden Ton erzeugen.

Ausser den Hummeln der verschiedensten Art und Grösse besuchen auch noch andere Insekten die Blüthen unserer Art, sie dienen aber nicht zur Befruchtung, indem sie entweder zu klein sind, um beim Saugen des Saftes von den Antheren berührt zu werden, oder indem sie, wie die Schmetterlinge, besonders die Kohlweisslinge, ihren langen Rüssel so in die Blumenkronröhre an den Seiten des Konnektivlöffels hineinstecken, dass dieser nicht in die Blüthe hineingestossen wird, also auch nicht die Antheren herausgedrückt werden können.

Es bleibt nur noch übrig zu sehen, wie der dem Rücken der Hummeln angestrichene Pollen auf die Narbe der Blüthen gelangt. Der aus der Mitte des vierspaltigen Fruchtknotens entspringende Griffel verläuft unter dem Rücken der Oberlippe und tritt aus der kleinen schon vorher erwähnten Oeffnung an der Spitze derselben hervor. In den so eben geöffneten Blüthen ist er ganz gerade (Fig. 1) horizontal hervorgestreckt und die zwei Spalten seiner Spitze haben sich erst wenig voneinander entfernt, oder liegen gar noch dicht aneinander; in diesem Zustande ist es wahrscheinlich, dass noch keine Befruchtung stattfinden kann, die Narbenfläche ist noch nicht empfängnissfahig und ausserdem liegt sie noch an einem Ort, an wel-

chem die die Blumen besuchenden Insekten nicht so leicht mit ihrem bestäubten Rücken vorbeistreifen. Erst nach einiger Zeit entfernen sich die Spalten der Griffel voneinander und biegen sich im Bogen zurück, während zu gleicher Zeit der Griffel sich nach vorn umbiegt und noch etwas verlängert (Fig. 2). In dieser Weise kommt nun die Narbe gerade vor den Eingang zur Blumenkronröhre zu liegen, so dass eine mit Pollen beladene Hummel unfehlbar, wenn sie die Blumen besucht, mit ihrem Rücken einige Körner gegen die Narbe reiben und die Pflanze so befruchten muss*).

Wir sehen hier also ausser der Nothwendigkeit der Insekten bei der Befruchtung auch die eigenthümliche Einrichtung der männlich-weiblichen Dichogamie, wo die Entwickelung der Geschlechtsorgane eine derartige ist, dass die Narbe der älteren Blüthen mit dem Pollen der jüngeren bestäubt wird. —

Aehnlich der so eben beschriebenen Salvia pratensis verhielten sich die im frischen Zustand beobachteten Blüthen von S. Sclarea, aethiopica, argentea, nutans, virgata, pendula, rubra; auch hier verschloss der Konnektivlöffel den Eingang zur Blumenkronröhre und hatte gleiche Gestalt mit dem beschriebenen von Salvia pratensis; wenn gegen ihn ein Druck erfolgte, sprangen aus der Oberlippe die Antheren hervor, jedoch waren an den im botanischen Garten vereinzelt stehenden Pflanzen die Insekten nicht recht in ihrer Thätigkeit zu beobachten; grosse Hummeln fand ich an diesen Arten nicht, hingegen zu öfteren Malen Bienen, die namentlich bei den kleinerblüthigen Arten, wie S. virgata und pendula, den Blüthenstaub auf den Rücken gestrichen bekamen. An S. rubra beobachtete ich noch im August eine kleine Hummel, welche sehr thätig war und ganz dieselben Bewegungen machte und in den Blüthen hervorrief, wie die grossen Hummeln bei S. pratensis.

Unter den eben genannten, im Staubgefässbau S. pratensis ähnlichen Arten war aber eine deren Befruchtungsart etwas abwich, nämlich die

---

*) Bei genauerer Betrachtung der Fig. 2 fällt es auf, dass die Unterlippe der Blumenkrone im Vergleich zu Fig. 1 mehr nach oben gebogen und also der Eingang zur Blumenkronröhre verengert ist, wodurch die Narbe noch mehr der Berührung durch die besuchenden Insekten ausgesetzt wird. Ich muss es dahin gestellt sein lassen, ob diese Lage der Unterlippe bei allen älteren Blüthen sich findet, oder nur bei der vorliegenden genau abgezeichneten vorkam, da mir frische Exemplare nicht mehr zu Gebote stehn.

Salvia nutans. Fig. 4—7.

An den Blumenkronen dieser Art (Fig. 4 u. 7) ist die Oberlippe in einem rechten Winkel der Blumenkronröhre aufgesetzt, wodurch sie sich von den genannten Arten unterscheidet, indem dort dieser Ansatz unter einem mehr oder weniger stumpfen Winkel stattfindet; dieser Umstand macht es bei jenen Arten nun auch möglich, dass der die Blumenkronröhre verschliessende Konnektivlöffel weit zurückgestossen werden kann, so dass er fast horizontal und parallel mit dem eindringenden Körper liegt; in Folge wovon denn auch die aus der Oberlippe hervorspringenden oberen Konnektivschenkel nebst den Antheren eine horizontale Lage annehmen, sich also sehr tief, fast um 90 Grad herabneigen können. Dies ist nun bei Salvia nutans nicht möglich: wegen des rechtwinkligen Aufsatzes der Oberlippe auf die Blumenkronröhre, wodurch die Ansatzstelle der Oberlippe verengt ist, erreicht der, im übrigen den besprochenen Arten ganz gleiche Konnektivlöffel, bald bei einem Stoss gegen ihn die hintere Wand der Blumenkrone und in Folge hiervon neigen sich die oberen Konnektivschenkel auch nicht weit, etwa nur um 45 Grad, mit den Antheren aus der Oberlippe hervor (Fig. 7). Bei diesem geringen Hervortreten der Antheren ist es nun nicht möglich, dass dieselben das eindringende Insekt berühren, wenn sich dieses auf die Unterlippe der Blumenkrone setzt.

Hier hatte ich lange zu untersuchen, wie denn wohl bei dieser Art die Insekten den Pollen angestrichen bekommen möchten, denn ich beging immer den Fehler bei den Beobachtungen im Zimmer die einzelnen abgepflückten Blüthen mit der Oberlippe nach oben zu halten, also in der Richtung, wie ich auch die Versuche mit den anderen Arten machte. Endlich lehrte mich die Beobachtung in der freien Natur den wahren Sachverhalt. Ich hatte ganz übersehen, dass bei der S. nutans wegen des Ueberhängens der Blüthenstände die einzelnen Blüthentheile gerade umgekehrt stehen wie die der anderen Arten, nämlich die Unterlippe nach oben und die Oberlippe nach unten. Nach längerer Beobachtung der vereinzelt stehenden Pflanze fand sich endlich auf ihr ein bienenartiges Insekt ein, es setzte sich auf die nach unten hängende Oberlippe der Blumenkrone und drückte mit dem Rüssel gegen den Konnektivlöffel; in demselben Augenblick kamen nun die Antheren aus der Oberlippe hervor und berührten den nahen Bauch des Insekts; nach dem Besuche mehrerer Blüthen war dieser Bauch ganz gelb von Pollen; leider gelang es mir jetzt, wo ich das Insekt länger bei seiner Arbeit beobachtet

hatte, nicht mehr, dasselbe einzufangen und es als ein Beweismittel, wie bei den übrigen Arten geschehen, zu bewahren.

Wir sehen hier also eine merkwürdige Einrichtung, bei welcher das geringe Hervortreten der Antheren aus der Oberlippe der Blumenkrone wieder dadurch kompensirt wird, dass die Blüthen umgekehrt hängen und so unfehlbar dem in aufrechter Stellung saugenden Insekt der Pollen gegen den Bauch gestrichen wird, der dann wieder auf die an derselben Stelle liegende Narbe älterer Blüthen gebracht wird.

Später beobachtete ich noch häufig Bienen an dieser Pflanze, sie sogen aber meistentheils den Honigsaft in der Weise, dass sie sich auf die Unterlippe der Blumenkrone setzten und also den Kopf nach unten gerichtet hatten; bei dieser Art des Saugens wurden sie aber nie von den nur wenig aus der Oberlippe hervortretenden Antheren berührt. Die meisten Bienen suchten nur den Honig, nicht Pollen, aus den Blüthen dieser Pflanze; eine beobachtete ich hingegen, die äusserst interessante Bewegungen machte: sie setzte sich, wie die übrigen, auf die nach oben gerichtete Unterlippe der Blumenkrone mit dem Kopf nach unten, stiess den Konnektivlöffel zurück und sog den Saft; nun aber, wenn sie diesen erschöpft, flog sie nicht sogleich davon, sondern sobald sie den Rüssel wieder hervorgezogen, packte sie mit einem schnellen flüchtigen Griff die etwas hervorgetretenen Antheren, als ob sie wüsste, dass, wenn sie hier nicht grosse Eile anwendete, sie aus denselben keinen Pollen mehr erwischen würde; denn diese springen sogleich in die Oberlippe zurück, sobald der Druck auf den Konnektivlöffel aufgehört hat. Ich konnte diese Biene längere Zeit beobachten, wie sie viele Blüthen besuchte und in jeder die gleichen Bewegungen machte. Noch andere Bienen kamen und setzten sich zuerst mit dem Kopf nach oben auf die Blüthe, drehten sich aber dann sogleich um, mit dem Kopf nach unten und drückten mit diesem den Konnektivlöffel zurück; nachdem sie genug Saft gesogen, griffen sie dann, wie die so eben beschriebene Biene, noch flüchtig nach dem Pollen. Endlich beobachtete ich eine Hummel, welche mit dem Kopf nach oben den Rüssel in die Blüthe steckte, bei welcher Gelegenheit die Antheren ihren Bauch berührten, welcher gelb von Pollen wurde. — Es wurden bei dieser Art durch das ungestüme Arbeiten der Bienen vielfach die Konnektivlöffel zerrissen, so dass die Antheren nicht in die Oberlippe zurückspringen konnten; an diesen Antheren sah ich noch ein anderes Insekt, welches in aller Ruhe aus ihnen den Pollen sammelte.

Es wurde schon angedeutet, dass auch die S. nutans dichogamisch ist: beim Aufblühen steht der Griffel mit seiner wenig gespaltenen Spitze gerade aus der Oberlippe hervor (Fig. 4), erst später gehen seine Spalten mehr von einander und er neigt sich so weit nach vorne über, dass die Narbe in den Weg der die Blume besuchenden Insekten zu liegen kommt (Fig. 7), von dem Bauche dieser also einigen Pollen angestrichen erhalten kann. —

Bei diesen so eben besprochenen Arten haben wir gesehen, wie der die Blumenkronröhre verschliessende Konnektivlöffel dadurch nicht in der Mitte von einander gerissen werden kann, dass beide Hälften (die unteren Schenkel der Konnektive) sich in ihrer Mitte nach vorne umbiegen, und mit den umgebognen Spitzen fest an einer schwarzbraunen Stelle untereinander verwachsen sind. Wir haben auch erkannt, dass dieses feste Aneinanderheften dazu dient, dass bei einem Drucke gegen den Konnektivlöffel die Antheren aus der Oberlippe hervortreten, während bei der Möglichkeit des Auseinanderschiebens der beiden Konnektivschenkel durch den eindringenden Körper die Antheren in der Oberlippe eingeschlossen liegen bleiben würden. Es giebt nun noch eine sehr grosse Anzahl anderer Salviaarten, wo zwar auch der Konnektivlöffel den Eingang zur Blumenkronröhre fast ganz verschliesst, wo derselbe aber eine andere Gestalt und einen anderen Zusammenhang hat. Als ein Beispiel wählen wir die in den Gärten jetzt so viel kultivirte

Salvia splendens. Fig. 8 u. 9.

Der untere Theil des Konnektivs ist sogleich von der beweglichen Verbindung dieses mit dem Filamente an verbreitert und behält diese Breite bis zu seiner die untere Seite der Blumenkronröhre berührenden, schnell zusammenlaufenden Spitze; er ist nicht an seinem Rande umgebogen, sondern nur schwach gewölbt. Die Verbindung dieser beiden unteren Konnektivplatten zu einem die Blumenkronröhre schliessenden Löffel wird nun dadurch hervorgebracht, dass beide an ihrer inneren Seite fast ihrer ganzen Länge nach mit einander verwachsen sind — bei den vorhergehenden Arten fand diese Verwachsung nicht statt, sondern diese inneren Ränder lagen nur aneinander; der Zweck einer festen Verbindung wurde durch das Verwachsensein der umgebogenen Ränder vorne vollständig erreicht; hier, wo eine solche Verwachsung vorne nicht statt haben kann, wird der Zusammenhalt der beiden Konnektive durch ihre Verwachsung auf der inneren Seite hervorgebracht. Es ist damit derselbe Zweck erreicht wie bei den schon besprochenen Arten, indem ein den Eingang zur Blumenkron-

röhre erzwingender Gegenstand, der zu diesem Behuf gegen den Konnektivlöffel stösst, nicht die beiden Konnektive von einander rechts und links entfernt und zwischen ihnen hindurch dringt, sondern sie zurück drücken muss, wodurch dann die Antheren aus der Oberlippe hervortreten.

Die beiden Zähnchen der Konnektive, welche bei den vorigen Arten nur schwach ausgebildet sich etwas unterhalb der Ansatzstelle der Konnektive an der Vorderseite dieser befinden, sind hier und bei den verwandten Arten stärker entwickelt (Fig. 9, 11, 12, 13, 17) und scheinen den Zweck zu haben, dass der Konnektivlöffel ganz gerade in die Blumenkronröhre hineingestossen wird, nicht etwa nach rechts oder nach links abweichend; denn wenn letzteres geschähe, so würden die Antheren nicht so gut hervortreten, sondern rechts oder links gegen die Ränder der vorne vor ihnen übereinandergeschlagenen Oberlippe stossen. — Bei den vorigen Arten war diese gerade Bewegung durch die nach vorne eingebogenen breiten Konnektive geregelt.

In den übrigen Punkten stimmt S. splendens und andere Arten mit den vorhergehenden überein, indem der Griffel mit der zweispaltigen Narbe aus der Oberlippe ein Stück hervorragt, es ist aber hier der oberste Lappen der Narbe der längere. Insekten beobachtete ich an dieser Art nicht; so viel ich weiss trägt sie auch bei und ohne künstliche Befruchtung keinen Samen.

Im Bau und in der Lage der Staubgefässe stimmt mit S. splendens überein die

Salvia Grahami. Fig. 10—12.

Bei dieser Art und einigen anderen ist aber der Griffel so kurz, dass er schon, bevor er die Spitze der Blumenkronoberlippe erreicht, sich in die beiden Narbenlappen spaltet, von diesen ist der obere der grössere, welcher sich bei seinem Hervortreten aus der Oberlippe rückwärts auf dieselbe zurückschlägt (Fig. 10), der untere kleinere steht gerade aus der Spitze der Oberlippe hervor, parallel mit der Hauptrichtung der Unterlippe und ist an seiner Spitze nur wenig eingebogen. Es ist diese Art ausserdem keine dichogamische, indem gleich beim Oeffnen der Blüthe die Narben entwickelt sind, trotzdem ist es jedoch wahrscheinlich, dass die Insekten ihre Blüthen untereinander befruchten; ich beobachtete hier zwar dieselben nicht, an anderen Arten und anderen Blüthen, die dieselbe Stellung haben, lässt sich aber die Gewohnheit der Insekten erkennen, diese Blüthen von oben kommend zu besuchen und dann mit mehr gesenktem Rücken ihren Rückzug zu nehmen; es ist also wahrscheinlich, dass die

Insekten zuerst die vorstehende Narbenhälfte unserer Art berühren und dann den Blüthenstaub angestrichen bekommen, mit welchem beladen sie zu einer anderen Blüthe fliegen, wo sie zuerst die Narbe berühren und ihn darauf abwischen.

Salvia lanceolata (Fig. 13. 14)

hat mit S. Grahami sehr ähnlichen Bau und ähnliche Lage der Befruchtungsorgane, nur dass hier die Narbe noch tiefer liegt und mit ihrem unteren Lappen zwischen den Antheren hervorsieht (Fig. 14). An dieser Art fand ich Bienen beschäftigt Honigsaft zu saugen: die Antheren wurden dabei gegen ihren Kopf gedrückt; wenn sie aber wieder fortflogen, so gingen die Antheren wieder in die Oberlippe zurück. Die Bienen blieben immer bei dieser Art und liessen die benachbarten Pflanzen, selbst andere Salvien, z. B. S. hirsuta, unberücksichtigt. Wenn ich die von Bienen besuchten Blüthen untersuchte, so fand ich immer den unteren zwischen den Antheren vorstehenden kürzeren Narbenlappen mit Pollen belegt; dieser konnte von anderen Blüthen derselben Pflanze hergebracht sein, es war aber auch ebenso gut möglich, dass die Bienen eine Befruchtung der Blüthen mit ihrem eigenen Pollen bewerkstelligt hatten, da der untere Narbenlappen so dicht zwischen den Antheren hervorsieht. — Noch näher aneinandergerückt als bei S. lanceolata sind die Befruchtungsorgane bei

Salvia hirsuta. Fig. 15—17.

Bei dieser Art ist der untere Theil der Konnektive ähnlich wie bei S. Grahami, splendens, lanceolata etc. gebildet (Fig. 17), auch hier finden sich an den Konnektiven die beiden Zähne, vermöge welcher die Bewegung derselben in ihrer Richtung bestimmt ist. Beim Aufgehen der Blüthen steht die zweispaltige Narbe vor den Antheren aus der Oberlippe der Blumenkrone hervor (Fig. 15) und ist so von ihnen mehr entfernt als später. Nach kürzester Zeit rollen sich nämlich ihre beide Lappen zurück, so dass der obere auf die Aussenseite der Oberlippe zu liegen kommt, während der untere, an seiner Spitze stark verbreitert und ausgerandet, sich nach unten umbiegt und mit seiner Spitze die geöffneten Antheren berührt, oder besser gesagt gegen sie drückt, sowohl gegen die rechts als gegen die links liegende (Fig. 16 u. 17). Es ist hier also offenbar die Selbstbefruchtung möglich; dass sie wirklich geschieht, stellte sich durch zwei Experimente heraus: Von den im Garten wachsenden Pflanzen umgab ich die Blüthenstände einiger mit dichter Gaze, nachdem ich vorher die schon aufgegangenen Blüthen und angesetzten Früchte entfernt hatte. Bei der Entfernung der Gaze nach einigen Tagen,

während welcher also die Insekten und auch wohl der Wind abgesperrt waren, hatten alle unter dieser Zeit aufgegangenen Blüthen gute Früchte angesetzt. Noch sicherer liess sich die Selbstbefruchtung an Blüthenständen beobachten, welche ich abgeschnitten im Zimmer hatte; nach Entfernung der schon früher angesetzten Früchte bildeten sich noch fortwährend neue aus den im Zimmer aufgehenden Blüthen, trotz des Abschlusses von Wind und Insekten. —

Bei einem Druck gegen den Konnektivlöffel treten die Antheren zugleich mit dem oberen Theil des Griffels und mit der Narbe aus der Oberlippe der Blüthe hervor, indem sie hinter dem auf sie drückenden unteren Narbenlappen liegen und also durch den Druck auf diesen, denselben mit hervortreten lassen; doch habe ich diese Bewegung als von Insekten veranlasst in der Natur nicht beobachten können. Die Bienen, an welche sie herangebogen wurden, vermieden die Pflanzen, hingegen kamen andere Insekten mit einem Fliegenrüssel, die ich aber nicht fangen konnte, und fanden, nachdem sie sich auf die Blüthe gesetzt, sogleich den Zugang zu den Antheren, die dadurch bei dieser Art nach vorne freier liegen als bei den vorhergehenden, dass die Ränder der Oberlippe sich nicht berühren oder übereinander greifen; die Insekten tupften dann mit ihrem stumpfen Rüssel auf den Antheren rechts und links umher, wodurch unfehlbar Pollen auf die dazwischen liegende Narbe gebracht wurde. In diesem Jahre beobachtete ich auch in den Blüthen äusserst kleine Staphylinen, welche zwischen den Antheren und der Narbe umherliefen.

Ich kann natürlich nun nicht behaupten, dass diese Art nicht auch von Insekten besucht werde, welche den Konnektivlöffel mit ihrem Rüssel zurückstossen und dadurch das Hervortreten der Antheren aus der Oberlippe bewirken; es kommt mir aber wahrscheinlich vor, dass trotz der vorhandenen Möglichkeit dieser Bewegung, dieselbe nicht in der Natur benutzt werde, indem wir gesehen haben, dass hier sowohl die Selbstbefruchtung ohne Insekten möglich ist, als auch die Befruchtung durch diese in der Weise, dass sie direkt die Antheren und die Narbe nach einander berühren. Wir hätten hiernach in S. hirsuta eine jener interessanten Pflanzenformen, welche mit anderen Einrichtungen gemein haben, die für diese anderen von Wichtigkeit und nothwendig sind, während sie hier durch neu hinzutretende Einrichtungen unnütz gemacht sind und unbenutzt bleiben.

Nachdem wir so von den Salviaarten mit eingeschlossenen Antheren und beweglichen Konnektiven eine Anzahl betrachtet haben, deren Konnektivlöffel die Blumenkronröhre vollständig verschliesst, kommen wir zu denen, wo ein solcher Konnektivlöffel nicht vorhanden, sondern nur die angeschwollenen Enden der unteren Konnektivschenkel frei vor oder in dem Eingang zur Blumenkronröhre liegen. Als hauptsächliches Beispiel für diese Arten betrachten wir die

Salvia officinalis. Fig. 18—21.

Es ist dies die zweite Art, von der schon Sprengel, l. c. p. 62, eine Beschreibung liefert, dieselbe ist aber nicht genau und in allen Punkten so richtig, wie die von S. pratensis. Der obere Theil des beweglichen Konnektivs läuft innerhalb der Oberlippe der Blumenkrone gerade in die Höhe (Fig. 18), und trägt an seiner Spitze ein Antherenfach, welches fast so lang ist wie er selbst; diese beiden in der Oberlippe befindlichen Antherenhälften sind nicht so vollkommen eingeschlossen wie bei S. pratensis, sondern von vorn etwas sichtbar, indem die Ränder der Oberlippe etwas voneinander abstehen, sie sind aber dennoch hinlänglich im Verborgenen, um ein unmittelbares Fallen oder Gewehtwerden des Pollen auf die Narbe unmöglich zu machen. Die unteren Schenkel der Konnektive sind nach vorne stark umgebogen (Fig. 18), an ihrer Spitze sind sie plötzlich zu einem nierenförmigen Anhange verbreitert (Fig. 20), der anderen Antherenhälfte, welche auch Pollen, jedoch nur wenig enthält. Bei der mikroskopischen Untersuchung stellte sich heraus, dass die Pollenkörner der oberen und der unteren Antherenhälften vollständig gleiche Gestalt haben, gleiche Grösse und gleichen Inhalt besitzen. Die beiden nierenförmigen unteren Antherenhälften sind nun an ihrer inneren Seite ziemlich fest mit einander vereinigt (liegen nicht bloss aneinander, wie Sprengel angiebt), so das sie bei einem Stosse nicht voneinander getrennt werden, nur stärkeres Reissen löst sie voneinander. Dieselben liegen so vor der Oeffnung der Blumenkronröhre, dass nur ein dickerer Körper, wenn er eindringt, sie mit seiner oberen Seite berührt, und verschliessen bei weitem nicht diesen Eingang, sondern man kann eine dicke Nadel bis zum Grunde der Röhre führen, ohne diese unteren Antherenhälften zu berühren. Drückt man hingegen einen dickeren Gegenstand in die Blüthe, so berührt er die unteren Antherenhälften, drückt diese, indem sie zusammenhängen, beide zurück, in Folge wovon dann die oberen Antherenhälften aus der Oberlippe hervortreten und auch den eindringenden Körper berühren (Fig. 19). Vermöge dieser Einrichtung wird der eindringende

Körper sowohl mit Pollen von den oberen als von den unteren Antheren bestrichen.

Die in der Natur hier eindringenden Insekten sind nun die Bienen, welche man an dieser Salviaart sehr viel und leicht beobachten kann: sie setzen sich auf die Unterlippe der Blumenkrone und stecken nun ihren dicken Kopf in die Oeffnung hinein, bei welcher Gelegenheit sie an denselben von den unteren Antherenhälften Pollen angestrichen bekommen, zu gleicher Zeit treten nun auch die oberen Antherenhälften heraus und man kann deutlich beobachten, wie der Pollen den Bienen auf die Flügel und den Hinterleib geschmiert wird. Da die Bienen nicht ganz ruhig saugen, so sind die Antheren meist in einer auf- und abschwankenden Bewegung, wodurch der Pollen um so mehr aus ihnen herausgebürstet wird. Bei dieser Einrichtung der Staubgefässe sehen wir, dass nur dickköpfige, kurzrüsslige Insekten den Pollen angestrichen bekommen können; Schmetterlinge können den Saft aus dem Grunde der Blüthe holen, ohne die unteren Antherenhälften nur im geringsten zu berühren. Namentlich beobachtete ich einen Schmetterling, welcher mit grosser Geschäftigkeit einen Busch der grossblüthigen Form vou S. officinalis besuchte und nicht eine Blüthe überging, aber bei keiner sah ich die Antheren aus der Oberlippe bei dem Saugen des Schmetterlings hervortreten.

Der Griffel ist bei S. officinalis, wenn die Blüthe sich öffnet und die Antheren schon aufgesprungen sind, noch vielfach in der Oberlippe eingeschlossen und die Narbenlappen liegen aneinander, erst allmählich tritt er aus der Spitze der Oberlippe hervor, neigt sich mehr nach vorne über und die Narbenlappen biegen sich voneinander (Fig. 18 u. 19); er liegt dann an einer Stelle, wo er unfehlbar den Rücken der die Blüthe besuchenden Bienen berührt. Es ist also auch S. officinalis männlich-weiblich dichogamisch. Einige Abweichungen von S. officinalis zeigt

Salvia glutinosa (Fig. 22 u. 23)

in den Geschlechtsorganen: in der Oeffnung zur Blumenkronröhre stehen die beiden unteren Schenkel der Konnektive (Fig. 23). Dieselben sind zwar an ihrer Spitze verbreitert, besitzen hier aber keinen Pollen; sie sind an ihrer inneren Seite ziemlich fest miteinander verbunden; der obere längere Konnektivschenkel liegt mit den Antheren ganz in der Oberlippe verborgen und tritt bei einem Druck auf die unteren Schenkel hervor. Ich beobachtete eine kleine Hummel beim Honigsaftsaugen; dieselbe wurde dabei auf den Flügeln mit

dem Pollen der hervortretenden Antheren bestäubt. Die beigefügte Abbildung (Fig. 22) zeigt die Lage des Griffels in der jüngeren und in der älteren Blüthe: zuerst steht dieser aus der Spitze der Oberlippe etwas nach oben gerichtet hervor, die Narbenlappen liegen aneinander, während später sich diese voneinander biegen und der Griffel sich stark nach vorne überneigt.

Von den Arten mit vollständig in der Oberlippe eingeschlossenen beweglichen Antheren ist noch endlich eine Form zu besprechen, als deren Repräsentant

Salvia nilotica (Fig. 24 u. 25)

dienen mag. Die beiden Staubgefässe sind hier nirgends miteinander verbunden, sondern liegen nur mit den Konnektiven an der Stelle eng aneinander, welche dem Anheftungspunkt derselben an das Filament gerade gegenüber liegt (Fig. 25); von hier divergiren sowohl die oberen vollständige Antherenhälften tragenden Schenkel, als auch die unteren; diese sind nach der Spitze keulig verbreitert und enthalten in ihrem unteren Ende ziemlich viel Pollen. Sie liegen gerade in der Oeffnung zur Blumenkronröhre und werden, wenn man gegen sie drückt, zurückgestossen, wobei die oberen Antherenhälften aus der Oberlippe, in der sie eingeschlossen liegen, hervortreten. Der hauptsächlichste Unterschied im Bau der Staubgefässe dieser und verwandter Arten von denen der vorhergehenden Arten liegt darin, dass die Konnektive nirgends untereinander verbunden sind, so dass man hier, gegen einen der beiden unteren Konnektivschenkel stossend, auch nur den entsprechenden oberen Schenkel aus der Oberlippe der Blumenkrone herausdrückt. Der Griffel steht aus der Oberlippe hervor und ist mit seiner zweispaltigen Narbe nach vorne übergeneigt, die Lappen dieser liegen anfangs aneinander, später biegen sie sich etwas zurück, der obere Lappen ist der kürzere.

Bienen besuchten die Blüthen und erhielten den Pollen auf Kopf und Rücken angeschmiert, durch ihre Arbeit in den Blüthen geriethen die Staubgefässe, da sie nicht miteinander verbunden, etwas in Unordnung, so dass man sie an den besuchten Blüthen nicht mehr parallel und mit dem oberen Theil in die Oberlippe zurückgeklappt findet, sondern derselbe steht frei hervor, wodurch es für Wind und Regen möglich ist den Pollen fortzuführen, ohne dass er auf die Narbe gelangt. Vielleicht ist es nicht zu gewagt, diese Möglichkeit der Pollenverschwendung, welche hier durch das Nichtverwachsensein der Konnektive gegeben wird, damit in Zusammenhang zu bringen, dass die unteren Schenkel der Konnektive auch mit ziemlich viel

Pollen versehen sind, so dass also die grössere Leichtigkeit der Pollenverschwendung durch die grössere Menge des Pollens kompensirt erscheint. — Die Pollenkörner beider Antheren, der oberen und der unteren, sind einander an Gestalt, Inhalt und Grösse vollständig gleich.

Wir kommen nun zu einer der interessantesten Formen, welche zwar auch die Antheren in der Oberlippe eingeschlossen hat, bei der aber die Konnektive ohne Möglichkeit der Bewegung auf dem Filament fest eingefügt sind; es ist dies die

Salvia verticillata. Fig. 26—30.

Die Staubgefässe (Fig. 27 u. 30) bestehen hier aus dem Filament, welches, von der Blumenkrone entspringend, etwas nach dem Inneren desselben geneigt ist; auf diesem Filament ist, in seiner Richtung parallel mit der Blumenkronlage, das Konnektiv eingefügt; an demselben ist der untere Schenkel nur äusserst schwach entwickelt und stellt sich als eine kleine, nach unten gerichtete, zahnartige scharfe Spitze dar; diese Spitzen der beiden Staubgefässe sind nicht im geringsten miteinander verbunden, berühren sich nicht einmal. Der Haupttheil des Konnektivs ist nach oben gerichtet und trägt an seiner Spitze eine vollkommene Antherenhälfte, welche nebst der des anderen Staubgefässes in der Oberlippe der Blumenkrone eingeschlossen liegt; beide Hälften liegen so eng aneinander, dass sie wie eine vollständige zweifächrige Anthere aussehen (Fig. 30), verwachsen sind sie aber nicht miteinander.

Es ist nun die Frage, wie bei dieser Einrichtung der Staubgefässe der Pollen aus den Antheren entfernt werden könne, da ja die Konnektive unbeweglich auf den Filamenten sitzen! Es geschieht dies durch die eigenthümliche Gestalt der Blumenkronoberlippe: diese geht nämlich nicht mit breitem Grunde in die Röhre der Blumenkrone über, sondern ist nach unten bedeutend verschmälert, sie ist in einer Weise mit der Blumenkronröhre verbunden, dass sie leicht zurückgeklappt werden kann und wie eine bewegliche Kapuze die Antheren umgiebt; wenn man von vorne gegen sie drückt, so biegt sie sich zurück (Fig. 28) und die Antheren berühren den drückenden Gegenstand; hört der Druck auf, so klappt die Kapuze wieder nach vorne über und hüllt die Antheren ein. Wir haben hier also eine sehr interessante Einrichtung, wo die Bewegungslosigkeit der Konnektive ersetzt wird durch die Beweglichkeit der Oberlippe; durch beide Einrichtungen wird ganz dasselbe erreicht, nämlich das Freilegen der Antheren. Bei dieser Einrichtung sehen wir auch, wie es

für die Pflanze von keinem besonderen Nutzen gewesen wäre, wenn, wie bei den meisten vorher besprochenen Arten, die unteren Enden der Konnektive miteinander verbunden gewesen wären, da diese Einrichtung nur dazu dient die Antheren in gleicher Richtung aus der Oberlippe hervorzudrücken.

Ehe wir zu der direkten Beobachtung der Thätigkeit der Insekten übergehen, ist noch die Lage des Griffels zu besprechen. Dieselbe ist hier eine von allen anderen Arten sehr abweichende (Fig. 27): von seinem Ursprunge aus biegt sich der Griffel zwar nach dem oberen Theil der Blumenkronröhre zu, neigt sich aber sehr bald wieder nach unten und liegt in der aufgehenden Blüthe dicht auf der Unterlippe; zuerst ist er kürzer als diese und die Narbenlappen sind geschlossen (Fig. 26); nach und nach verlängert er sich und die Narbenlappen biegen sich voneinander, während er selbst vielfach, nicht immer, sich etwas in die Höhe biegt (Fig. 29). Hat nun diese eigenthümliche von den anderen Arten abweichende Lage des Griffels einen besonderen Zweck? oder, um die Frage anders zu stellen: weshalb durfte in diesen Blüthen der Griffel nicht wie bei den anderen Arten unter dem Rücken der Oberlippe verlaufen und aus der Spitze derselben hervorstehen? Es würde dadurch die Beweglichkeit der Oberlippe vollständig nutzlos und das Freilegen der Antheren unmöglich geworden sein, denn ein Druck gegen die Oberlippe würde an ihrer beweglichen Stelle den Griffel als Hinderniss gehabt haben. Es ist dies gewiss eine der merkwürdigsten Einrichtungen und Anpassung der einzelnen Theile, die man sich nur denken kann. Wir sehen die Bewegungslosigkeit der Konnektive die Beweglichkeit der Oberlippe nothwendig machen, und diese wieder erst ermöglicht durch die veränderte Lage des Griffels.

Die S. verticillata wird sehr viel von Bienen besucht und man kann dieselben leicht bei ihrer Arbeit beobachten; indem sie den Honigsaft suchen, drücken sie den Kopf gegen die Oberlippe der Blumenkrone, diese biegt sich etwas zurück und man sieht deutlich, wie der Pollen aus den nun freigelegten Antheren gegen den Kopf und die Fühlhörner der Biene gestrichen wird; gehen diese zurück, so klappt die Kapuze wieder über die Antheren herüber. Die Bienen kriechen in dem gedrängten Blüthenstande von einer Blüthe zur andern und es ist dabei sehr leicht möglich, dass sie mit dem von Pollen bestäubten Kopf die hervorstehenden Narben berühren und so die Blüthen befruchten. Auch einzelne kleine Hummeln beobachtete

ich, und diese drückten noch mehr die Oberlippe der Blumenkrone zurück und bekamen noch mehr Pollen an den Kopf gewischt. Da die zur Beobachtung dienenden Büsche sehr häufig von den Insekten besucht wurden, so fand ich fast in allen Kelchen Früchte gebildet. —

In allen vorhergehenden Fällen waren die Antheren von der Oberlippe der Blumenkrone eingeschlossen, wir kommen jetzt zu denen, wo dieselben frei aus der Blüthe hervorstehen; von diesen betrachten wir zuerst einige mit beweglichen Konnektiven:

Salvia patens (Fig. 31)

steht auf der Grenze zwischen den Arten mit eingeschlossenen und freien Antheren, indem diese manchmal ganz, manchmal nur zum Theil (Fig. 31) aus der Oberlippe der Blumenkrone hervorragen. Die Konnektive sind hier beweglich an den Filamenten angeheftet, ihr unterer Schenkel bildet einen Löffel wie bei S. splendens und Verwandten durch Verwachsung der inneren Ränder; der obere Schenkel verläuft in der sehr langen Oberlippe der Blumenkrone und tritt dann mit den Antherenhälften mehr oder weniger frei aus der Spitze der Blüthe hervor. Eine eigenthümliche Lage hat der Griffel, indem er oberhalb der Ansatzstelle der Konnektive an die Filamente, zwischen diesen hindurch nach vorne tritt, und weiter oben, ein Stück vor dem Ansatz der Antheren wieder nach hinten geht, so dass sein mittlerer Theil zwischen den oberen Konnektivschenkeln eingeklemmt liegt (Fig. 31); er tritt dann dicht über den Antheren aus der Spitze der Oberlippe hervor; an der Stelle, wo die Antheren aufhören, beginnt die Narbe, welche aus einem langen nach unten gebogenen unteren Lappen besteht und aus einem sehr kleinen verkümmerten Ansatz einer oberen. Bei dem Eingeklemmtsein des Griffels zwischen den oberen Konnektivschenkeln geschieht es nun, dass bei einem Druck gegen den Konnektivlöffel die Antheren nebst der Narbe nach unten gedrückt werden und bei hinreichendem Drucke gerade vor den Weg zum Blumenkrongrunde zu liegen kommen; hierdurch wird dann ermöglicht, dass das arbeitende Insekt, welches wahrscheinlich gross ist (es kann auch ein Schmetterling sein, denn der Eingang zum Honigsaft ist durch den Konnektivlöffel und die Ränder der Blumenkrone vollständig geschlossen), den Pollen von den Antheren abstreift und ihn direkt auf die nahe Narbe derselben oder die einer anderen Blüthe bringt.

Die S. patens wird viel in Gärten als Zierblume gezogen, ich habe jedoch nie ein Insekt an ihr bemerkt, aber ebensowenig auch

Samen, obwohl diese sich gut ausbilden, wenn man die Befruchtung künstlich vornimmt. Es ist also sehr wahrscheinlich, dass hier trotz der benachbarten Lage von Antheren und Narbe der Pollen aus den ersteren nicht durch den Wind auf die letztere geführt werden kann, sondern dass auch hier Insekten bei der Befruchtung thätig sein müssen. Wahrscheinlich steht auch das Eingeklemmtsein des Griffels zwischen den oberen Konnektivschenkeln in Verbindung mit der Art von Insekten, welche hier zur Befruchtung dienen, und mit der Weise, wie dieselben dabei zu Werke gehen. Denken wir uns ein Insekt, welches nicht sehr hoch abstehende Flügel wie ein Schmetterling hat, sich auf die Unterlippe der Blumenkrone setzend, und den Rüssel nach dem Grunde dieser vorstreckend, so würde bei einfachem dadurch hervorgebrachtem Niedersinken der Antheren nur der Pollen dieser auf den Rücken des Insekts gewischt werden, es wäre aber die Narbe, bei der langen Oberlippe, wenn sie oben bliebe, zu entfernt, um mit dem bestäubten Rücken des Insekts in Berührung zu kommen; — dieser Uebelstand wird hier aber nun dadurch abgestellt, dass der Griffel sich zugleich mit den Antheren nach unten neigt.

Salvia austriaca (Fig. 32—35)

ist eine der interessantesten Arten mit freistehenden Antheren: die oberen Konnektivschenkel treten hier nicht parallel aus der Oberlippe der Blumenkrone hervor, sondern divergiren sogleich von der Ansatzstelle des Konnektivs an das Filament (Fig. 33 u. 34), dadurch sind die an ihren Spitzen befestigten Antherenhälften weit von einander entfernt zu beiden Seiten der Blumenkronoberlippe, und so weit nach hinten liegend, dass die direkte Berührung eines die Blüthe von vorne aus besuchenden Insekts kaum möglich. Die unteren Schenkel haben eine schwierig zu beschreibende Einrichtung, die eher aus der Abbildung Fig. 33 u. 34 deutlich werden wird: sie sind im Ganzen denen von S. pratensis etc. ähnlich und hängen vorne an dem schwarzen Punkt fest miteinander zusammen; ihre hinteren Ränder liegen aber nicht parallel aneinander, wie bei S. pratensis, sondern divergiren von der Mitte ihrer Verbreiterung ab, in Folge wovon dann die oberen Schenkel, die ja immer die gerade Fortsetzung der unteren sind, noch weiter schon im Anfange von einander entfernt sind und sogleich bei ihrem Hervortreten aus der Blumenkronröhre nach beiden Seiten ausgestreckt frei daliegen. Drückt man nun einen Nadelknopf — der den dicken Grund eines Insektenrüssels darstellen kann — sanft in die Blüthenöffnung, so konvergiren dadurch die

oberen Schenkel der Konnektive, neigen sich dabei zugleich nach unten und schlagen mit ihren Antheren aneinander (Fig. 35); dieses Konvergiren und Neigen der oberen Schenkel wird dadurch hervorgebracht, dass durch den Nadelknopf die unteren Konnektivplatten auf ihrer Hinterseite voneinander entfernt werden.

Leider konnte ich an dieser Art das befruchtende Insekt nicht beobachten, wahrscheinlich steckt dasselbe seinen Rüssel bis zum Kopf gerade in die Oeffnung, welche an den gebogenen und vorne zusammenhängenden unteren Konnektivplatten gebildet wird und bewirkt dadurch das Vornüberneigen und Konvergiren der Antheren; der schon angegebene Versuch mit einem eingeführten Nadelknopf macht die Sache leicht anschaulich; eine Darstellung dieser doppelten Bewegung, nach vorne und zusammen, ist sehr schwierig zu geben, die Fig. 35 deutet nur die letztere an.

Beim Oeffnen der Blüthe liegt der lange Griffel in einer Richtung, welche die Rückenwölbung der Blumenkronoberlippe fortsetzt und die Narbenlappen liegen noch dicht aneinander (Fig. 32); erst später schlagen sich diese zurück und der Griffel neigt sich so weit nach vorne über, dass nun die Narbe gerade an die Stelle zu liegen kommt, wo die Antheren zusammenklappen (Fig. 32). Aus dieser Einrichtung ist die Hülfe des Insekts bei der Befruchtung zu errathen: dasselbe erhält in einer jungen Blüthe den Pollen an seinen Körper durch die sich daran reibenden Antheren angewischt; fliegt es nun zu einer älteren Blüthe, so trifft es hier mit der Stelle, welche mit Pollen bestrichen ist, gerade auf die Narbe, da diese hier an dem Orte liegt, wo in der jüngeren Blüthe die Antheren zusammenschlagen. — Bienen besuchten zwar die Blüthen, aber sie kamen von der Seite, nicht gerade auf den Eingang zum Honigsaft lossteuernd, und berührten in dieser Weise nur die eine oder die andere der beiden Antherenhälften; auch in dieser Weise bestäubten sie wahrscheinlich die ihnen bei anderen Blüthen in den Weg kommenden Narben, nach den eigenthümlichen Einrichtungen in diesen Blüthen dürfen wir aber wohl annehmen, dass es ein anderes Insekt ist, welches hier hauptsächlich die Befruchtung bewerkstelligt — vielleicht ein Nachtschmetterling.

Wir kommen endlich zu den Fällen, wo die Antheren frei ausserhalb der Blumenkronoberlippe liegen und die Konnektive gar nicht oder nur sehr wenig beweglich mit dem Filament vereinigt sind.

Salvia triangularis. Fig. 36—39.

Die Oberlippe ist kurz, aus ihr stehen sogleich beim Aufblühen Griffel und Antheren hervor, zuerst jener hinter diesen (Fig. 36). Der untere Konnektivschenkel ist eben so lang wie der obere und trägt ein Antherenfach, welches halb so gross ist wie das des oberen Schenkels und vielen guten Pollen enthält, die beiden unteren Antherenfächer liegen voneinander entfernt (Fig. 38), in der Mündung der Blumenkronröhre mit den Rissen so gerichtet, dass ein eindringender Körper den Pollen an den Seiten angestrichen erhält. Die Antherenfächer der oberen Konnektivschenkel liegen parallel dicht nebeneinander, zwar nicht mit einander verwachsen, aber doch so zusammenhaftend, dass man sie für eine zweifächrige Anthere halten könnte (Fig. 38); ihre Lage ist so, dass ein die Blüthe besuchendes Insekt zuerst sie und dann die tieferliegenden der unteren Konnektivschenkel berühren muss; es ist hier also die Beweglichkeit der Konnektive unnöthig gemacht und ist daher auch nur äusserst schwach vorhanden: die Verbindungsstelle des Konnektivs mit dem Filament ist sehr ähnlich wie bei beweglichen Konnektiven (Fig. 39), doch bringt ein Stoss gegen die unteren Schenkel nur eine sehr schwache Bewegung hervor.

Wir sehen hier also zwei Dinge geändert in Folge der Lage der Antherenfächer: die Konnektive sind fast unbeweglich, weil auch so schon der Pollen auf den eindringenden Körper aus den oberen Antherenhälften gestrichen wird — ferner sind die unteren Konnektivschenkel nicht miteinander verbunden, weil die Konnektivschenkel nicht beweglich sind, statt dessen haben sie eine so nützliche Lage, dass der Pollen dem eindringenden Körper von beiden Seiten angestrichen wird. Die Narbe liegt endlich so vor den oberen Antherenhälften, dass entweder aus diesen selbst der Pollen durch die Insekten auf jene gebracht wird oder die von anderen Blüthen kommenden Insekten sie befruchten. — Aehnlich verhält sich S. sylvicola. Zuletzt betrachten wir

Salvia tubiflora (Fig. 40 u. 41)

als einen neuen noch nicht besprochenen Fall. Die Konnektive sind hier ganz unbeweglich mit den Filamenten vereinigt, von ihren oberen Schenkeln, welche aus der Oberlippe hervorragen, trägt jeder eine Antherenhälfte, während die unteren Schenkel die Löffelgestalt haben, wie wir sie bei S. splendens, Grahami etc. kennen gelernt haben; anstatt dass aber dort dieser Löffel den Eingang zur Blumenkrone versperrte, liegt er hier, kein Hinderniss den Insekten bietend,

dicht dem Rücken der Blumenkronröhre an (Fig. 40). Der Griffel tritt hinter den Antheren aus der Oberlippe hervor über dieselben hinaus, und hat eine zweispaltige Narbe, deren oberer Lappen der grössere ist.

Wir haben hier eine der einfachsten Vorrichtungen zur Befruchtung vor uns, wo das eindringende Insekt die aussen frei liegenden Antheren und Narben wechselsweise berühren kann, vielleicht auch gar der Wind Pollen auf die Narbe schafft — aber mit diesen einfachen Einrichtungen sehen wir noch einen Bau verbunden, welcher an das Komplicirte anderer Arten erinnert: das Konnektiv hat noch die beiden Schenkel, sie sind aber nicht beweglich; der Konnektivlöffel ist noch da, liegt aber, da er nicht zum Hervortreten der Antheren nöthig ist, nicht mehr im Wege der Insekten; sein fester Zusammenhang ist noch vorhanden, obgleich nichts den Konnektivlöffel zu zerreissen droht — alles Dinge, die zur Befruchtung nothwendig werden, sowie die Oberlippe der Blumenkrone länger wäre und die Antheren einschlösse.

Experimente wurden an dieser Art nicht angestellt, ob vielleicht Pollen auf die den Antheren nahe stehende Narbe auch ohne Insekten käme; doch machte ich einen solchen Versuch an der sehr ähnlichen Salvia coccinea, bei welcher die unteren Konnektivschenkel fadenförmig sind und miteinander verbunden, wie bei S. tubiflora, dem Rücken der Blumenkrone anliegen; ausserdem sind hier die Konnektive beweglich auf den Filamenten, welche Beweglichkeit aber nicht benutzt werden kann, da die Konnektivschenkel schon von Anfang an dem Rücken der Blumenkrone angedrückt liegen. An dieser besagten Art nun liess ich einige Blüthen ganz unberührt im Zimmer aufgehen und verblühen, während ich andere zu gleicher Zeit an demselben Exemplar mit ihrem Pollen bestäubte; die letzteren trugen sehr schönen Samen, die ersteren nicht; da nun auch die Pollenkörner ziemlich fest aneinander haften und nicht leicht fortgeblasen werden können, so ist anzunehmen, dass auch hier hauptsächlich die Insekten die Befruchtung bewerkstelligen, wenn auch die Möglichkeit der Einwirkung des Windes nicht ausgeschlossen ist.

Wenden wir uns jetzt zu einem allgemeinen Rückblick auf die besprochenen Arten der Gattung Salvia. Wenn auch eine geringe Anzahl von Arten untersucht wurde im Verhältniss zu dieser grossen Gattung (Bentham führt in Decandolle's Prodromus 407 Ar-

ten auf), so sind diese Arten doch aus den verschiedensten Unterabtheilungen genommen, und zwar aus fast allen, welche in Decandolle's Prodromus gemacht werden; man kann also vermuthen, dass uns keine besonders abweichende Form der Befruchtungsvorrichtungen entgangen sein wird. In den Herbarien noch andere Arten nachzusehen, wäre von keinem sonderlichen Nutzen gewesen, da die getrockneten und verdrückten Befruchtungsorgane keinen sicheren Schluss mehr auf ihren Bau und ihre Funktion in der frischen Blüthe erlauben.

Wir sehen in der ganzen Gattung Salvia, dass hier zwei Staubgefässe der rachenförmigen einblättrigen in ihrem Grunde Honigsaft enthaltenden Blumenkrone eingefügt sind; die Beweglichkeit dieser Staubgefässe und die Stellung derselben zu der Narbe haben wir als ausserordentlich verschieden erkannt. Der häufigste Fall ist wohl der, wo die Antheren, z. B. bei S. pratensis, in der Oberlippe der Blumenkrone vollständig eingeschlossen sind, wodurch es unmöglich wird, dass der Pollen aus ihnen auf die ausserhalb der Oberlippe liegende Narbe gelangt. In diesen Fällen sehen wir dann zum grössten Theil die Einrichtung beweglicher Konnektive, diese schweben derartig auf dem Filament, dass ein Druck auf das untere Stück das obere Stück in der entgegengesetzten Richtung bewegt, wodurch die Antheren aus der Oberlippe hervorgedrückt werden. Dass dieser Stoss unten wirklich erfolge, liegen die unten verbreiterten Konnektivenden in der Oeffnung zur Blumenkronröhre, in deren Grund der Nektar abgeschieden wird, diese mehr oder weniger verschliessend, so dass ein den Honigsaft suchendes Insekt sie zurückschieben muss. Damit ferner der Rüssel des Insekts nicht, zwischen ihnen hindurchdringend, sie nur zur Seite schiebe, wodurch die Antheren aus der Oberlippe nicht hervortreten würden, sind sie vorne oder hinten fest miteinander verbunden und werden ausserdem bei dem Drucke in den meisten Fällen in einer auf den Rücken der Blumenkrone senkrechten Richtung durch eine Vorrichtung fortbewegt, welche in zwei kleinen an den Konnektiven befestigten nach vorne gerichteten Zähnen besteht. In den meisten Fällen wirkt der Druck auf die vor der Blumenkronröhre liegenden unteren Konnektivschenkel so viel, dass die oberen Schenkel fast parallel mit dem eindringenden Körper zu liegen kommen, ihn also mit den Antheren berühren und dadurch den Staub auf ihn abwischen. Nur bei S. nutans findet unter den beobachteten Arten eine Ausnahme in der Weise statt, dass bei der rechtwinkligen Umbiegung der Blumen-

kronoberlippe an ihrer Ansatzstelle die oberen Konnektivschenkel und mit ihnen die Antheren sich nur um 45 Grad etwa vorneigen und also nicht den stossenden Körper berühren. Dieser scheinbare Uebelstand für die Befruchtung der Blüthen wird aber dadurch aufgehoben, dass dieselben in hängenden Trauben, also umgekehrt wie bei den anderen Arten stehen, wodurch die mit dem Kopf nach oben auf sie sich setzenden Insekten den Pollen an den Bauch angestrichen erhalten.

Insekten wurden an den meisten dieser Arten direkt beobachtet wie sie den Pollen angestrichen bekamen. Die meisten dieser und auch der anderen Salviaarten sind nämlich weibliche Dichogamen, indem bei ihrem Aufblühen die Narbe noch nicht entwickelt ist und der Griffel meist noch nach oben gerichtet steht, so dass die Spitze von den Insekten nicht berührt wird; diese erhalten also aus den so eben aufgegangenen Blüthen nur den Pollen angestrichen, ohne die Narbe bestäuben zu können, sie fliegen dann mit diesem Pollen zu einer älteren Blüthe, wo solcher schon früher von anderen Insekten abgewischt worden, und wo nun die Narbe entwickelt ist, welche sich ausserdem vor den Eingang zur Blumenkronröhre gebogen hat; sie bringen so den Pollen der jüngeren Blüthe auf die Narbe der älteren.

Von diesen Arten mit eingeschlossenen Antheren und hervorstehendem Griffel, lässt sich eine Reihe aufstellen, von S. pratensis und glutinosa an, daran sich schliessend etwa S. splendens, bis zu S. Grahami, wo von der weitesten Entfernung der Narbe und der Antheren von einander, wie dies bei den ersteren der Fall ist, diese Entfernung immer geringer wird, bis beide ganz nahe aneinanderliegen, jedoch ohne sich zu berühren; endlich sehen wir dann den letzten Schritt in S. hirsuta, wo die Narbe gerade zwischen den Antheren hervorsieht und sich ihr unterer Lappen derartig umbiegt, dass er direkt die Antheren berührt und der Pollen ohne Insektenhülfe auf ihn gelangt; gewiss ein interessanter Fall, wo, bei sonst gleichem Bau der Befruchtungsorgane, auf der einen Seite die Insekten zur Befruchtung durchaus nothwendig sind, auf der anderen eine direkte Selbstbefruchtung unvermeidlich ist.

Weiter sehen wir dann in S. verticillata, wo noch die Antheren in der Oberlippe eingeschlossen sind, einen sehr interessanten Fall der Anpassung der einzelnen Organe zu einander: die Antheren sind hier an unbeweglichen Konnektiven befestigt, können also nicht durch einen Druck auf diese hervorgebracht werden, es ist also

nöthig, dass die Oberlippe selbst von ihnen zurückgeklappt werde; dieses ist angebahnt durch die Verschmälerung derselben an ihrem unteren Theile, wo sie der Blumenkronröhre aufsitzt, aber erst wirklich möglich gemacht dadurch, dass, im Gegensatz zu allen anderen Arten, der Griffel nicht unter der Oberlippe verläuft, sondern der Unterlippe aufliegt; bei dieser Einrichtung vermögen die Bienen die kapuzenartige Oberlippe von den Antheren zurückzuschlagen und erhalten so den Pollen an den Kopf angestrichen.

Bei den Arten, wo die Antheren frei aus der Oberlippe der Blumenkrone hervorsehen, finden wir dann wieder solche mit beweglichen Konnektiven, und zwar sehen wir bei S. patens den Griffel mit sammt den Antheren bei einem Drucke auf die unteren Konnektivschenkel sich vorne überneigen, so dass hier das die Blüthen besuchende Insekt beides, Antheren und Narbe, nach einander berührt. Bei anderen, z. B. S. austriaca, ist die Einrichtung zur Befruchtung komplicirter: hier sind die Antheren auf den oberen divergirenden Konnektivschenkeln ganz frei und weit von der Narbe entfernt, die Einrichtung der unteren Konnektivschenkel ist aber derartig, dass bei einem Druck auf sie die oberen Antheren tragenden Schenkel konvergirend sich nach vorne überneigen und das Insekt berühren, welches den so erhaltenen Pollen auf die Narbe älterer Blüthen trägt, welche bei diesen an derselben Stelle liegt, wo in der jüngeren die herabgedrückten Antheren zusammenklappen.

Bei S. triangularis und anderen ist weiter die Verbindung der unteren Konnektivschenkel ganz aufgehoben, und auch ganz unnöthig, indem die Konnektive unbeweglich auf den Filamenten sitzen und ausserdem an ihrem unteren Schenkel kleine Antherenhälften tragen, die so gerichtet sind, dass die Insekten nach einander die oberen und unteren Antherenfächer berühren.

Endlich sehen wir bei S. tubiflora Antheren und Narbe, nicht weit voneinander entfernt, aus der Blumenkronlippe hervorragen, so dass die die Blüthen besuchenden Insekten und selbst vielleicht der Wind den Pollen von jenen auf diese mit Leichtigkeit bringen können. Bei solcher Einrichtung wären bewegliche Konnektive ganz unnütz und wir finden daher dieselben auch ganz fest an dem Filament sitzend, zwar ist ihr unterer Schenkel, wie bei den beweglichen, löffelartig gestaltet, dieser Löffel liegt aber entfernt von dem Eingangsort der Insekten, ganz am Rücken der Blumenkronröhre.

So haben wir in der Gattung Salvia eine Reihe interessanter Vorrichtungen zur Befruchtung durch Insekten, sehen aber auch wie-

der einige Ausnahmen, besonders in Salvia hirsuta, wo die Narbe die Antheren direkt berührt, also ohne Hülfe der Insekten bestäubt wird. Namentlich möchten wir zum Schluss darauf aufmerksam machen, wie man nicht alle Arten einer und derselben Gattung so ohne Weiteres nach einer einzelnen in den Verhältnissen ihrer Befruchtungsart beurtheilen darf. Auch in dem Werke von Darwin über die Orchideen sehen wir bei diesen Gattungen, deren Arten verschiedene Befruchtungsvorrichtungen haben, und hier bei der Gattung Salvia haben wir namentlich die beiden Extreme: eine unvermeidliche Selbstbefruchtung und eine Befruchtung, welche nur durch die Hülfe der Insekten möglich ist.

Bonn im Herbst 1865.

Erklärung der Tafel XXXIII.

Blüthen und Blüthentheile von Salviaarten.

Die Seitenansichten der Blüthen sind mit Ausnahme der vergrösserten Figuren: 4, 7, 24, 26—29 in natürlicher Grösse gegeben, die übrigen Ansichten der Staubgefässe sind mehr oder weniger vergrössert; f bedeutet das Filament, c den oberen und c^1 den unteren Konnektivschenkel.

Fig. 1—3. Salvia pratensis.

Fig. 1. Junge Blüthe von der Seite, eine Nadel in den Eingang zur Blumenkronröhre gedrückt.

Fig. 2. Aeltere Blüthe.

Fig. 3. Unterer Theil der Staubgefässe mit dem die Blumenkronröhre versperrenden Konnektivlöffel.

Fig. 4—7. Salvia nutans.

Fig. 4. Junge Blüthe von der Seite.

Fig. 5. Die Staubgefässe von vorne.

Fig. 6. Ein Staubgefäss von der Seite.

Fig. 7. Aeltere Blüthe, eine Nadel gegen den Konnektivlöffel gedrückt.

Fig. 8 u. 9. Salvia splendens.

Fig. 8. Eine Blüthe von der Seite.

Fig. 9. Die Staubgefässe von vorne, nebst dem dahinterliegenden Griffel.

Fig. 10—12. Salvia Grahami.

Fig. 10. Eine Blüthe von der Seite.

Fig. 11. Ein Staubgefäss von der Seite.

Fig. 12. Die Staubgefässe von vorne.

Fig. 13 u. 14. Salvia lanceolata.

Fig. 13. Die Staubgefässe nebst Griffel von vorne.

Fig. 14. Staubgefäss und Griffel von der Seite.

Fig. 15—17. Salvia hirsuta.

Fig. 15. Staubgefäss und junge Narbe, mit seiner Lage in der Blumenkronoberlippe, von der Seite.

Fig. 16. Staubgefäss und ältere Narbe von der Seite.

Fig. 17. Staubgefässe und Narbe von vorne.

Fig. 18—21. Salvia officinalis.

Fig. 18. Aeltere Blüthe von der Seite.

Fig. 19. Dieselbe, eine Nadel in den Schlund der Blumenkronröhre gedrückt.

Fig. 20. Die Staubgefässe von vorne.

Fig. 21. Ein Staubgefäss von der Seite.

Fig. 22 u. 23. Salvia glutinosa.

Fig. 22. Oberer Theil einer Blüthe von der Seite.

Fig. 23. Unterer Theil der Staubgefässe von vorne.

Fig. 24 u. 25. Salvia nilotica.

Fig. 24. Eine Blüthe von der Seite.

Fig. 25. Die Staubgefässe von vorne

Fig. 26 — 30. Salvia verticillata.

Fig. 26. Junge Blüthe von der Seite.

Fig. 27. Aeltere Blüthe aufgeschnitten.

Fig. 28. Die Oberlippe der Blumenkrone, zurückgedrückt.

Fig. 29. Aeltere Blüthe von der Seite.

Fig. 30. Die Staubgefässe von vorne.

Fig. 31. Salvia patens,

Blüthe von der Seite.

Fig. 32 — 35. Salvia austriaca.

Fig. 32. Blüthe von der Seite.

Fig. 33. Unterer Theil der Staubgefässe von vorne.

Fig. 34. Unterer Theil der Staubgefässe von hinten.

Fig. 35. Ein Nadelknopf gegen den Konnektivlöffel gedrückt.

Fig. 36 — 39. Salvia triangularis.

Fig. 36. Junge Blüthe von der Seite.

Fig. 37. Oberer Theil einer älteren Blüthe.

Fig. 38. Die Staubgefässe von vorne.

Fig. 39. Ein Staubgefäss von der Seite.

Fig. 40 u. 41. Salvia tubiflora.

Fig. 40. Eine Blüthe von der Seite.

Fig. 41. Aufgeschnittene Blüthe von vorne.

Zur Kenntniss der Sphacelarieen.

Von

Theod. Geyler, D. ph.

Vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Kenntniss der Entwickelungsgeschichte und Architectonik der Sphacelarieen liefern und zugleich von dieser Basis ausgehend versuchen das Verhalten der einzelnen Gattungen zu einander näher zu beleuchten. Das Material zu diesen Untersuchungen verdanke ich der Güte von Hr. Prof. Cramer, welcher mir die freie Benutzung seiner Sammlungen gestattete; es bestand theils aus getrockneten, theils aus in Weingeist aufbewahrten Exemplaren. Die Untersuchungen, welche die grössere Hälfte des Jahres 1864 in Anspruch nahmen und erst Anfang 1865 vollendet wurden, erfolgten unter der Leitung von Hr. Prof. Cramer, auch wurden alle nur irgend wichtigen Zeichnungen von demselben revidirt.

Die Arbeit zerfällt in zwei Theile, von welchen der eine die bei den Untersuchungen der einzelnen Arten gewonnenen Resultate hervorhebt, der andere diese Resultate für die Systematik zu verwerthen sucht.

I. Ergebnisse der Untersuchung.

Die kleine Gruppe der Sphacelarieen unterscheidet sich von allen verwandten Gewächsen durch die im jugendlichen Zustande mit dunklem schleimigkörnigem, im höheren Alter mit mehr oder weniger wasserhellem Inhalt erfüllte, nach oben etwas keulig anschwellende Scheitelzelle (sphacela) der fortbildungsfähigen Axen. Die Sphacelarieen zeigen 4 Arten vegetativer Organe, als: 2 Arten Thallome,

nämlich mit unbegrenzt in die Länge wachsender Scheitelzelle versehene Thallome oder Langtriebe und Kurztriebe[1]), deren Scheitelzelle sehr bald aufhört sich weiter zu entwickeln; sowie 2 Arten Trichome, nämlich aufwärts wachsende oder Haarbildungen und abwärts wachsende oder Wurzelfäden. Reproductive Organe sind ebenfalls 4 zu unterscheiden: 2 geschlechtliche, Antheridien und Sporen, und 2 ungeschlechtliche, Keimfrüchte und Brutknospen.

Während beide Arten von Thallomen keiner einzigen Sphacelariee fehlen, ist das Vorkommen der Trichome nur auf bestimmte Arten beschränkt und zwar können sich hier wieder bald beide, bald nur eine Art Trichome an ein und derselben Species vorfinden. In der Kenntniss der reproductiven Organe zeigen sich noch bedeutende Lücken; bei vielen Sphacelarieen ist bloss eines oder auch gar keines dieser Organe bekannt.

Ausserdem mögen einige Eigenschaften, welche sich constant bei allen Sphacelarieen wieder finden, schon hier angeführt werden. Näheres findet sich bei Beschreibung der einzelnen Arten, besonders Stypocaulon scoparium.

Die von der Scheitelzelle durch Querwandbildung abgeschnittenen Glieder (primären Gliederzellen) zerfallen durch nachträgliche, jedoch sehr bald eintretende Quertheilung in 2 Hälften (secundäre Gliederzellen). Durch eine verticale Scheidewand (primäre Hauptwand) wird darauf jede secundäre Gliederzelle wieder halbirt und jede dieser Hälften durch eine senkrecht auf die primäre Hauptwand gestellte Verticalwand (secundäre Hauptwand) abermals in 2 Viertel (Cylinderquadranten) getheilt. Bis hierher ist die Theilung bei allen Sphacelarieen, wenigstens in den Langtrieben und den ältern Kurztriebpartieen, übereinstimmend; die späteren Theilungsweisen variiren bei den einzelnen Gattungen und Arten. Durch die zuletzt besprochene Verticaltheilung wird die ursprünglich aus Zellreihen bestehende Pflanze in einen Zellkörper verwandelt.

Betreffend die Entstehung der Aeste zerfallen die Sphacelarieen in 2 Gruppen. Bei den unter A angeführten Arten zeigt sich die Astanlage als eine seitliche gleich unterhalb der Spitze auftretende Ausbuchtung der Scheitelzelle, bei den unter B aufgezählten tritt dagegen diese Ausbuchtung aus einer der jüngern oder jüngsten

---

1) Die Benennungen „Lang- und Kurztriebe" wurden von Cramer eingeführt; vergl. Cramer, Physiolog.-systemat. Untersuchungen über die Ceramiaceen. Heft 1. p. 1.

Gliederzellen hervor. In beiden Fällen scheidet sehr bald eine Scheidewand die Astanlage von der Hauptaxe.

A. Die Astanlage tritt als eine Ausbuchtung der Scheitelzelle auf.

Stypocaulon Scoparium Kütz. [1]).

Die Pflanze, welche durchschnittlich eine Grösse von 6—12 Centimeter [2]) erreicht, bildet einen verzweigten, gegliederten Zellkörper mit cylindrischen Thallomen, mit Haarbildungen in den Achseln der Aeste und Wurzelfilzberindung an den älteren Partieen der Hauptaxen. Von reproductiven Organen sind bloss Sporen bekannt.

Langtriebe. Die Langtriebe unterscheiden sich in den frühesten Zuständen durch Nichts von den Kurztrieben, später machen sie sich durch ihre entwicklungsfähig bleibende Scheitelzelle und ihre bedeutendere Länge [3]) leicht kenntlich. Sie erzeugen Lang- und Kurztriebe und umgeben sich später mit einem Filz getrennt bleibender, wenigstens nicht parenchymatoidisch zusammenschmelzender Wurzelfäden.

Kurztriebe. Die Kurztriebe sind entweder einfach oder verzweigt, d. h. die primären Kurztriebe tragen secundäre, und letztere bisweilen tertiäre [4]); ein verzweigter primärer Kurztrieb trägt meist 3—4 secundäre. Die Scheitelzelle der Kurztriebe verliert ihre Entwicklungsfähigkeit sehr bald und der ganze Kurztrieb erscheint zuletzt als ein sich nach oben verjüngender, mit einer spitzlichen, mit stark verdickter Wandung versehenen Zelle endigender, einfacher oder verzweigter, cylindrischer, gegliederter Zellkörper von meist sehr beschränkter Ausdehnung [5]). (Auf Taf. XXXIV. Fig. 1 haben sich die un-

1) Es wurden 21 Exemplare untersucht: 8 Weingeistexemplare, von welchen 2 Ex. bei Nisita gesammelt der forma hiemalis, die übrigen 6 (1 von Morilleaux, 1 von Nisita, 4 von Nizza) der forma aestivalis angehörten; 13 getrocknete Exemplare, von denen 2 (1 auf den Calvadosklippen, 1 bei Pirano gesammelt) zu der forma disticha, die übrigen 11 aber (1 von Morilleaux, 2 von Genua, 1 von Nisita, 1 von Capri, 1 von Sorrento, 1 von Nizza, 1 von Palermo, 1 aus Ligurien, 2 von Venedig) sämmtlich wiederum zu der forma aestivalis gezogen wurden.

2) Agardh, Spec. gen. et ordin. Algarum p. 37.

3) Ein einfacher, d. h. bloss Kurztriebe erzeugender Langtrieb kann eine Länge von ungefähr 1 Centimeter erreichen.

4) Meneghini, Alghe Italiane e Dalmatiche p. 347.

5) Die Länge eines ausgebildeten Kurztriebs kann etwa $1,_2$ Millimeter oder ein

tersten Kurztriebe bereits begrenzt; Fig. 13 zeigt den seltenen Fall, dass mit dem Kurztrieb zugleich auch der Langtrieb seine Entwicklungsfähigkeit verlor.) Dabei sind bisweilen die einzelnen Kurztriebe etwas einwärts gekrümmt, seltener fast hakig am Ende eingebogen.

Der ausgebildete Kurztrieb unterscheidet sich demnach ausser der beschränkten Entwicklungsfähigkeit der Scheitelzelle und der dadurch hervorgehenden geringeren Längsausdehnung von dem Langtrieb noch durch das Fehlen der Wurzelfäden.

Aststellung. Die Verzweigung der Lang- und Kurztriebe findet in ein und derselben Verticalebene statt; nur in sehr seltenen Fällen weicht die Verzweigungsrichtung des Astes um ein Geringes von dieser Ebene ab. Lang- und Kurztriebe verzweigen sich constant alternirend zweizeilig; da aber die Stellung derjenigen Aeste, welche ein unbegrenztes Wachsthum annehmen, nicht bestimmt ist, so erscheinen die Langtriebe meist sehr unregelmässig an den Hauptaxen vertheilt. Unverkennbar aber ist diese alternirend zweizeilige Verzweigung an den jüngsten Langtrieben (Taf. XXXIV. Fig. 1 u. 2) und an den sich verzweigenden Kurztrieben. Nur in verhältnissmässig sehr seltenen Fällen giebt es auch hier Abweichungen von der Regel. So beobachtete ich an Langtrieben zweimal 2, einmal 3 successive Aeste; an Kurztrieben zweimal 2, ja einmal sogar 4 Aeste über einander und zwar auf der der Hauptaxe zugewendeten Seite.

Gewöhnlich entspringen von einer Basis mehrere Hauptstämme [1]). Diese sind unterhalb einfach, nach oben hin gewöhnlich vielfach verzweigt; der äussere Umriss der einzelnen Hauptzweige variirt von der linealen bis zur schmal lanzettlichen Gestalt. Die verschiedenartigsten Verhältnisse in der Stellung der Langtriebe rufen eine Menge von Formen der im allgemeinen Habitus sehr veränderlichen Pflanze hervor. Bald stehen die Langtriebe in grosser Anzahl dicht in Form von Büscheln zusammengedrängt am Ende einer Hauptaxe (forma glomerata Kütz.), bald stehen nur wenige und mehr verlängerte Langtriebe neben einander und finden sich mehr oder weniger aus einander gerückt über den ganzen obern Theil der Hauptaxe vertheilt (forma virgata Kütz.), bald stehen die Langtriebe einzeln und in mehr oder weniger regelmässig alternirender Stellung an der Hauptaxe (forma pennata Meneghini, forma hiemalis Harvey und Agardh, forma disticha Menegh. und Kütz.), bald endlich erzeugt die Haupt-

---

wenig mehr erreichen; ein unverzweigter primärer oder secundärer Kurztrieb kann sich aus 30—40 oder etwas mehr primären Gliedern zusammensetzen.

1) Agardh, l. c. p. 37. — Vergl. Roth, Catalecta Bot. III. p. 142.

axe fast bloss Kurztriebe und ist dann meist rigider und weniger lang als bei den übrigen Varietäten (forma disticha Meneghini zum Theil, besonders die von demselben angeführte [1]) bei Spezia gesammelte Form). Dabei giebt es zwischen den einzelnen Hauptformen wiederum eine Menge von Uebergangsstufen [2]).

Auch in Hinsicht auf die Kurztriebe machen sich bei den einzelnen Varietäten bedeutende Unterschiede bemerklich. Bei der forma aestivalis der Autoren (zu welcher die forma glomerata und virgata Kützing zu rechnen ist), sind die Kurztriebe meist einfach und ihr Verzweigungswinkel ein ziemlich spitzer, daher sie dem Langtrieb etwas angelegt erscheinen (Taf. XXXIV. Fig. 1), während bei der forma hiemalis (wozu auch die forma disticha gezogen werden muss), die Kurztriebe meist verzweigt sind und ihr Verzweigungswinkel sich mehr und mehr vergrössert. Die Kurztriebe stehen daher bei letzterer Form mehr oder weniger sparrig von der Hauptaxe ab.

Während Meneghini [3]) angiebt, dass der erste secundäre Ast ohne Ausnahme auf der innern, d. h. der Hauptaxe zugewendeten Seite des primären Astes stehe, fand ich bei 44 Axen achtmal den ersten Ast nach aussen, 36mal nach innen gerichtet, so dass zwar eine bedeutende Bevorzugung der innern Seite, keineswegs aber eine absolute Constanz in der Stellung des ersten secundären Astes ersichtlich ist. Ein Unterschied in der Ausbildung der nach innen und nach aussen gestellten Aeste scheint nicht zu existiren. Umgekehrt (im Vergleich mit Stypocaulon scoparium) ist bei der Verzweigung der Ceramiaceenkurztriebe die äussere Seite bevorzugt [4]), indem nicht bloss die Verzweigung auf der äussern Seite meist früher, d. h. an den der Basis des primären Astes mehr genäherten Gliedern, beginnt, sondern die nach aussen stehenden secundären Aeste sich auch stärker entwickeln.

Die successiven Aeste sind meist ziemlich gleich weit von einander entfernt; ein Internodium, d. h. das zwischen den Abgangsstellen zweier successiven Nebenaxen befindliche Stück der Hauptaxe, besteht gewöhnlich aus 2 primären (oder da diese sehr bald sich wiederum theilen, aus 4 secundären) Gliederzellen (Taf. XXXIV. Fig. 1), von welchen die obere primäre, mit ihrem obern Ende den Ast tra-

---

1) Meneghini, l. c. p. 347.

2) Meneghini, l. c. p. 346.

3) Meneghini, l. c. p. 347.

4) Cramer, Physiologisch systematische Untersuchungen über die Ceramiaceen, Heft I. p. 1. 7. 25 u. f.

gende als Knotenzelle (Knotenglied), die untere primäre als Internodialzelle (Internodialglied) bezeichnet werden soll. Bei 108 Internodien fanden sich zwischen den bezüglichen Knotengliedern der auf einander folgenden Aeste in 100 Fällen je eine, in 2 Fällen je 2, in 6 Fällen je 3 Internodialglieder; ein Internodium besteht demnach unter 100 Fällen etwa 93mal aus 2 primären Gliedern. Sehr selten fehlt auch das Internodialglied und tragen 2 successive primäre Glieder je einen Ast.

Das Basilarinternodium eines Astes, d. h. das Stück desselben, welches zwischen der Hauptaxe und seinem ersten Aste sich findet, zählt (inclusive des Knotengliedes) meist mehr primäre Glieder, als ein gewöhnliches Internodium und zwar besteht es in der Regel aus 3—4 primären Gliedern. Unter 39 Fällen war das Basilarinternodium 2mal aus 2, 12mal aus 3, 14mal aus 4, 4mal aus 5, 2mal aus 6, 4mal aus 8 und einmal aus 9 primären Gliedern zusammengesetzt. Aehnlich wie bei Stypocaulon zeigt auch bei den meisten Ceramiaceen das Basilarinternodium eines Astes hinsichtlich der Gliederzahl eine Abweichung von der Gliederzahl eines Internodiums an der entsprechenden Hauptaxe [1]).

Wachsthum. Das Wachsthum von Stypocaulon wird durch die Scheitelzelle vermittelt und ist daher als Scheitelwachsthum oder primäres Längenwachsthum zu bezeichnen. Nachdem die Scheitelzelle hinlänglich gross geworden, erscheint seitlich ein wenig unterhalb des Scheitels eine immer mehr sich vergrössernde mit dunklem schleimigkörnigem Inhalt erfüllte Ausbuchtung, welche zuletzt durch eine in das Innere der Scheitelzelle uhrglasförmig vorspringende Scheidewand als selbsständige Zelle abgegrenzt wird (Taf. XXXIV. Fig. 1. 2). Nach Nägeli [2]) wird die Scheitelzelle durch eine schiefe Scheidewand in 2 ungleiche Hälften getheilt, in eine kleinere obere, halblinsenförmige und in eine grössere untere, welche bei fortschreitendem Wachsthum die obere zur Seite schiebt; doch war bei allen von mir untersuchten Scheitelzellen die neue Astanlage ganz deutlich seitenständig, selbst wenn dieselbe noch nicht durch eine Scheidewand abgegrenzt war (Taf. XXXIV. Fig. 1), sowie es schon Cramer [3]) angegeben hat.

Ungefähr zu derselben Zeit, wann sich der junge Ast von der

---

1) Nägeli und Cramer, Pflanzenphysiolog. Untersuchungen, Heft 4. p. 22.

2) Schleiden und Nägeli, Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik. I. p. 73.

3) Cramer, Physiologisch-systematische Untersuchungen über die Ceramiaceen, Heft I. p. 85.

Scheitelzelle differenzirt, wird auch die unterste primäre Gliederzelle des zugehörigen Internodiums (Internodialzelle) von der Scheitelzelle der Hauptaxe durch eine horizontale Querwand (I^a auf Taf. XXXIV. Fig. 1 u. 2) abgeschnitten. Die obere primäre Zelle des Internodiums (die mit ihrem obern Ende die Astanlage stützende Knotenzelle) bildet sich gleich darauf dadurch, dass eine horizontale Querwand (I^b auf Taf. XXXIV. Fig. 1 u. 2) sich senkrecht der die Astanlage abschneidenden Scheidewand aufsetzt, und zwar, wie es scheint, mit wenig Ausnahmen ein Wenig unterhalb der Mitte. Es ist dies Verhältniss weder auf den Abbildungen von Harvey[1]), noch auf denen von Kützing[2]) ersichtlich. Lyngbye[3]) hat die Stellung dieser Querwände bei Sphacelaria scoparia richtig wiedergegeben, nicht aber bei seiner Sphacelaria disticha.

Das übrig bleibende Stück der Scheitelzelle wächst nun wieder zur gewöhnlichen Grösse aus und es beginnt der früher geschilderte Vorgang in gleicher Weise von Neuem, nur mit dem Unterschiede, dass die nächste Astanlage fast ausnahmslos auf der dem ersten Aste entgegengesetzten Seite hervortritt. Selten unterbleibt dabei die Bildung der Internodialzelle und das Internodium zählt bloss eine primäre Zelle (Knotenzelle). In gleichfalls seltenen Fällen werden dagegen mehrere Internodialzellen angelegt, so dass dann das Internodium aus 3 und mehr primären Gliedern zusammengesetzt erscheint.

Etwa zu der Zeit, wann die 2[te] primäre Zelle des Internodiums (Knotenzelle) von der Scheitelzelle sich abgrenzt, spaltet auch schon eine etwas zarter als die primären Scheidewände erscheinende secundäre Querwand (II^a auf Taf. XXXIV. Fig. 1 u. 2) die erste primäre Zelle desselben Internodiums (Internodialzelle) in 2 secundäre Gliederzellen, von welchen in den meisten Fällen die untere etwas weniger Längsausdehnung zeigt. In der 2[ten] primären Zelle erscheint die secundäre Querwand (II^b auf Taf. XXXIV. Fig. 1 u. 2) ungefähr zu der Zeit, wenn die Internodialzelle des nächst obern Internodiums von der Scheitelzelle sich

---

1) Harvey, Phycologia Britannica Pl. XXXVII.

2) Kützing, Phycologia generalis Tab. 18. II.; — Tabulae phycologicae Bd. V. Tab. 96.

3) Lyngbye, Hydrophytologia Danica, Tab. 31. — Bauhin, Hist. III. p. 811 und Dillenius, Hist. Musc. tab. 4, fig. 23, sowie weniger gut Lobel, Kruytb. 1581. II. p. 286 und dessen Copie bei Dodonaeus, Pemptad. 1616. p. 475 geben bloss den Habitus wieder. — Auf den von mir gegebenen Abbildungen fehlt zwar noch die Qnerwand I^b in dem obersten Internodium, doch ist deren Stellung in dem nächst unteren Internodium deutlich ersichtlich.

abgrenzt. Die Bildung der primären Zellen, sowie auch die der secundären schreitet somit stetig von unten nach oben fort.

In ähnlicher Weise, wie bei den Sphacelarieen zerfallen auch bei den Characeen die ursprünglichen (primären) Gliederzellen in 2 ungleich grosse secundäre. Von diesen aber bleibt später die obere (die Knotenzelle der Characeen) hinsichtlich der nachträglichen Längsentwicklung im Vergleich mit der untern (der Internodialzelle der Characeen) ungemein zurück*). Bei den Sphacelarieen hingegen verlängern sich weder die primären, noch die secundären Glieder durch nachträgliches (secundäres) Wachsthum; die Länge der primären und secundären Glieder ist daher an der Spitze und an der Basis der Pflanze im Ganzen dieselbe. An ein und denselben Langtrieben vorgenommene Messungen hinsichtlich der Länge der primären Zellen liessen in jedem einzelnen Falle, geringe über die ganze Axe vertheilte Schwankungen abgerechnet, keine Längsunterschiede zwischen den ältern und jüngern Gliedern wahrnehmen, wohl aber waren die Internodialglieder durchschnittlich weniger lang als die zugehörigen Knotenglieder [1]). Eben so wenig lässt sich, abgesehen von der durch Wurzelfadenbildung an älteren Partieen hervorgerufenen Verdickung der Hauptaxen, mit Sicherheit ein Dickenwachsthum nachweisen, da häufig an ein und derselben Axe jüngere Partieen dicker als noch nicht berindete ältere erscheinen, ja oft zu wiederholten Malen an demselben Langtrieb ein Auf- und Niederschwanken hinsichtlich der Dicke der Glieder deutlich zu bemerken ist, wie auch vorgenommene Messungen bestätigen [2]).

Die einzelnen secundären Gliederzellen sind constant mehr breit, als lang; bei den Sommerpflanzen, wo auch öfters ein Internodium aus mehr als 2 primären Gliedern besteht, sind die Gliederzellen zugleich verhältnissmässig etwas länger, als bei den Winterexemplaren, so dass dadurch im Verein mit der geringern oder meist ganz fehlenden Verzweigung der Kurztriebe ein schlankeres Aussehen der Langtriebe hervorgerufen wird.

Sobald sich die Astanlage von der Scheitelzelle durch Scheide-

---

*) Vergl. Pringsheim, Jahrbücher Bd. III. p. 296.

1) Es ergab sich als die durchschnittliche Länge der Knotenglieder 163—164 mikrom., als die der Internodialglieder ungefähr 150 mikrom. Die geringste gefundene Länge für ein Knotenglied betrug etwa 123 mikrom., die grösste 190 mikrom.; die geringste Länge für ein Internodialglied 105 mikrom., die grösste 175 mikrom.

2) Die Dicke der Langtriebglieder schwankt von 90—180 mikrom.; die Schwankung kann an ein und demselben Langtrieb 40—50 mikrom. betragen.

wandbildung abgeschieden hat (bisweilen vielleicht schon früher), erhebt sich am Aste selbst constant an der der Hauptaxe zugewendeten Seite eine neue Ausbuchtung, welche ebenfalls sich sehr bald durch eine Scheidewand von der ersten zu dieser Zeit noch ungetheilten Zelle des Astes trennt (Taf. XXXIV. Fig. 2). Aus dieser neu sich bildenden Zellerhebung entstehen später die Haarbildungen. Die erste Zelle des Astes vergrössert sich nun schnell und wird durch eine Querwand in die unten an die Hauptaxe sich anlehnende und deshalb etwas zugespitzte erste primäre Gliederzelle des Astes und eine neue Scheitelzelle getheilt. Letztere erzeugt durch Querwandbildung ununterbrochen neue primäre Glieder, wenn der Ast zum Langtrieb wird, oder hört bei den in Kurztriebe sich verwandelnden Aesten frühzeitig auf sich weiter zu entwickeln und zu theilen. Die erste primäre Querwand (I^c auf Taf. XXXIV. Fig. 1 u. 2) eines Astes steht senkrecht auf derjenigen Scheidewand, welche die später die Haarbildungen erzeugende Zelle von dem Aste selbst abgrenzt, mögen sich nun die einzelnen Aeste zu Lang- oder Kurztrieben entwickeln.

Die Anlage secundärer Kurztriebe an den primären geschieht in ganz analoger Weise, wie die der primären Kurztriebe an Langtrieben. Auch hier trifft ferner stets eine Querwand senkrecht auf die die secundären Kurztriebe abgrenzende Scheidewand. Auch die primären Zellen der Kurztriebe werden durch zarter als die primären Scheidewände auftretende secundäre Scheidewände (II auf Taf. XXXIV. Fig. 1 u. 2) in secundäre Glieder getheilt, welchen ebenfalls secundäres Längenwachsthum und nachweisliches Dickenwachsthum mangelt. Die secundäre Scheidewand tritt bei den Kurztrieben in den primären Gliedern gewöhnlich schon auf, bevor sich die nächstobere primäre Zelle von der Scheitelzelle abgegrenzt hat. Die Ausbildung der primären und ihrerseits auch der secundären Gliederzellen schreitet, wie bei den Langtrieben, stetig von unten nach oben fort. Das Wachsthum folgt hiermit bei Lang- und Kurztrieben denselben Gesetzen und wird bloss durch die unbegrenzte oder begrenzte Entwicklungsfähigkeit der Scheitelzelle und die später zu erwähnende Verticaltheilung in den secundären Gliederzellen näher charakterisirt.

Sobald die Scheitelzelle eines Kurztriebs ihre Fortbildungsfähigkeit zu verlieren beginnt, was mit der Bildung des letzten Kurztriebastes (wenn ein solcher überhaupt zur Ausbildung kommt) oder sehr bald danach geschieht, erzeugt sie zugleich eine Reihe immer schmälerer und immer dünnerer Glieder, welche endlich durch die dreieckige, etwas zugespitzte, mit am Ende stark verdickter Wandung

versehene Endzelle begrenzt werden. (Auf Taf. XXXIV. Fig. 13 ist dieses Verhältniss ungemein stark ausgeprägt). Die Stelle, wo eine Abnahme in der Fortbildungsfähigkeit der Scheitelzelle eintrat, ist dann häufig auch an den ausgebildeten Kurztrieben durch eine fast plötzliche Dickenabnahme leicht erkennbar. Die Glieder der Kurztriebe sind ausserdem schon viel schmäler, als die der Langtriebe, meist mehr als halb so schmal, so dass auch die geringere Dicke der Glieder als Unterscheidungsmerkmal von den Langtrieben bis zu einem gewissen Grade dienen kann.

Bisweilen verliert auch ein Langtrieb seine unbegrenzte Entwicklungsfähigkeit (Taf. XXXIV. Fig. 13). Dann kann ein Ast und zwar meist der oberste unmittelbar unter der Spitze sich findende die Funktion der Hauptaxe übernehmen, indem er die ursprüngliche Hauptaxe bei Seite drängend, deren Stellung und Wachsthumsart annimmt. Bei Langtrieben, deren Scheitelzellen abgebrochen oder sonst beschädigt sind, vermag aus dem nächst unteren Gliede eine Zelle zu einer neuen Scheitelzelle auszuwachsen.

Was endlich den Grad der Ausbildung betrifft, welchen die obersten Aeste eines Langtriebs erreicht haben, so sei hier noch bemerkt, dass zu der Zeit, wann die neue Astanlage in der Scheitelzelle sich abgrenzt, in dem nächst unteren Aste sich gemeiniglich schon die erste primäre Gliederzelle gebildet hat, während zu gleicher Zeit die Endzelle des zweituntersten Astes bereits ihre Entwicklungsfähigkeit verloren hat, vorausgesetzt, dass sich dieser Ast nicht zu einem Langtrieb ausbildet.

Die Zelltheilung, sowohl durch Quer- als durch die später zu besprechenden Längswände, wird nach den Untersuchungen von Nägeli[1]) eingeleitet durch sich theilende und dann auseinanderrückende Zellkerne (Taf. XXXIV. Fig. 2), welche je nach dem frühern oder spätern Grade der Theilung entsprechend grösser oder kleiner erscheinen. Von dem centralen den Kern bergenden Körnerhaufen strahlen nach der Peripherie der Zelle zu immer zarter werdende Schleimfäden aus, welche zuletzt in ein feinmaschiges Fadennetz übergehen. Während Nägeli[2]) ein auf der ganzen Theilungsfläche plötzliches Auftreten einer Scheidewand zwischen den 2 Zellkernen für Stypocaulon scoparium annimmt, schildert Meneghini[3]) die Querwandbildung bei den

---

1) Schleiden und Nägeli, Zeitschr. f. wissensch. Bot. Heft I. p. 73 u. f.; vergl. Al. Braun, die Verjüngung in der Natur p. 187.

2) Schleiden und Nägeli, l. c. p. 74; vergl. Al. Braun, l. c. p. 264.

3) Meneghini, l. c. p. 317.

primären Zellen der Sphacelarieen als einen succedanen Process, indem die Scheidewand zuerst ringförmig der Peripherie des Zellcylinders anlagernd, von hier aus immer weiter nach innen vorschreitend die Oeffnung, durch welche der Inhalt der Scheitelzelle mit der darunter befindlichen Gliederzelle in Verbindung stand, mehr und mehr verengere und endlich gänzlich schliesse. Alle von mir beobachteten jüngsten primären Querwände, bei Stypocaulon sowohl, als bei den übrigen Sphacelarieen, waren gegen die Ansicht von Meneghini vollständig geschlossen; nie habe ich eine solche in der Mitte durchbrochen gesehen.

Theilung in den secundären Gliederzellen der Langtriebe. a. Längstheilung. Kurz nachdem ein primäres Glied eines Langtriebs in 2 secundäre zerfallen ist, beginnen auch schon verticale Scheidewände in der neuen Gliederzelle aufzutreten. Zuerst entsteht eine durch die Mitte des secundären Gliedes gehende, in der Verzweigungsebene liegende Längswand. Sie theilt das Glied in 2 Cylinderhälften und soll in der Folge als primäre Hauptwand (A auf Taf. XXXIV. Fig. 3—7) bezeichnet werden. An diese primäre Hauptwand setzen sich bald darauf nahezu in der Mitte und unter rechtem Winkel 2 doppelt kürzere Längswände, die secundären Hauptwände (BB auf Taf. XXXIV. Fig. 3—7) an, wodurch jede Cylinderhälfte wieder halbirt wird. An der Stelle des ursprünglichen secundären Gliedes treten jetzt 4 Gliederquadranten auf. Bis hierher schildert auch Meneghini[1]) und Agardh[2]) diesen Theilungsprocess übereinstimmend. Zugleich sei hier noch bemerkt, dass die Hauptwände in den successiven Gliedern nicht genau über einander stehen, sondern um ein Geringes unter einander divergiren.

Diese Cylinderquadranten theilen sich weiter in Randzellen und Centralzellen. Ungefähr von der Mitte der Peripherie jedes Quadranten ausgehend legt sich eine Längswand (I auf Taf. XXXIV. Fig. 3 bis 7) an die secundäre Hauptwand, (welche zugleich den bezüglichen Cylinderquadranten begrenzt), und schneidet so eine im Grundriss dreieckig erscheinende Zelle, die erste primäre Randzelle ab. In ähnlicher Weise lehnt sich bald darauf in jedem Cylinderquadranten eine von der Peripherie ausgehende Längswand (II auf Taf. XXXIV. Fig. 3. 5—7) an die primäre Hauptwand und schneidet so eine ebenfalls

1) Meneghini, l. c. p. 317.

2) Agardh, l. c. p. 29. — Ganz analog ist auch die Theilung in den Gliedern von Myriotrichia Harveyana Näg.; vergl. Nägeli, Neuere Algensysteme, p. 148. Taf. III. Fig. 15.

dreieckige Zelle, die zweite primäre Randzelle, aus dem Quadranten heraus, doch so, dass zwischen der ersten und zweiten primären Randzelle jedes Quadranten noch ein Stück des Randes frei bleibt. Indem endlich dieses noch frei gelassene Stück des Randes durch eine im Ganzen tangental senkrechte Wand (III auf Taf. XXXIV. Fig. 3. 5—7) überbrückt wird, entsteht die dritte primäre Randzelle. Der Rest des Quadranten wird von der primären Centralzelle eingenommen[1]).

Bevor aber die Ueberbrückung stattfindet, durch welche die dritte primäre Randzelle entsteht, ja bisweilen schon ehe die zweite primäre Randzelle sich abgegrenzt hat, theilt sich die erste primäre Randzelle durch eine radial senkrechte Scheidewand (1 auf Taf. XXXIV. Fig. 3. 5—7) in 2 secundäre Randzellen. Von diesen ist die an die secundäre Hauptwand grenzende viereckig, die der dritten primären Randzelle benachbarte aber dreieckig. Die viereckige secundäre Randzelle zerfällt nun durch eine tangental senkrechte Scheidewand (2 auf Taf. XXXIV. Fig, 3. 5—7) in eine tertiäre innere Randzelle, welche wiederum durch eine radial senkrechte Wand in 2 quartäre Zellen zerfallen kann, und in eine tertiäre äussere, welche durch eine ebenfalls radial senkrechte Wand (3 auf Taf. XXXIV. Fig. 3. 5—7) in 2 quartäre oder durch Wiederholung dieser Theilungsweise in 4 quintäre äussere Randzellen differenzirt werden kann. Die dreieckige secundäre Randzelle wird ebenso durch eine radial gestellte Scheidewand (2 auf Taf. XXXIV, Fig. 3. 5—7) in 2 tertiäre geschieden, welche bisweilen wieder durch tangental oder radial senkrechte Scheidewände in quartäre Zellen zerfallen.

Die zweite primäre Randzelle, fast constant kleiner als die erste, theilt sich durch eine radial senkrechte Scheidewand (1 auf Taf. XXXIV. Fig. 3. 5—7) in 2 secundäre Randzellen, von welchen die der primären Hauptwand anliegende viereckig ist und durch eine tangental senkrechte Scheidewand (2 auf Taf. XXXIV. Fig. 3. 5—7) in eine tertiäre innere meist ungetheilt bleibende, und in eine tertiäre äussere später durch eine radial senkrechte Wand in 2 quartäre zerfallende Randzelle getheilt wird; von welchen die an die dritte primäre Randzelle stossende aber eine dreieckige Gestalt hat und häufig ungetheilt bleibt. Die Theilungen sind hier also ganz analog den Theilungen

---

1) Gern hätte ich eine Anzahl Vermittlungsstadien zwischen den einzelnen Querschnitten wiedergegeben, doch wollte ich die Zahl der Abbildungen nicht allzusehr vermehren.

in der ersten primären Randzelle, nur hören die neu entstandenen Zellen eher auf, sich weiter zu differenziren.

Die durch Ueberbrückung entstandene dritte primäre Randzelle endlich theilt sich durch eine radial senkrechte Scheidewand (Taf. XXXIV. Fig. 3. 5—7) in 2 secundäre, von welchen, wie es scheint vorzugsweise die der primären Hauptwand zugewendete Zelle in Wurzelfäden auszuwachsen vermag.

Wie die Randzellen, so werden auch die primären Centralzellen jedes Cylinderquadranten durch verticale Scheidewände getheilt; die Theilungen beginnen jedoch erst, nachdem die Theilungen der Randzellen schon fast vollendet sind. Die erste dieser Scheidewände (I^1 auf Taf. XXXIV. Fig. 3. 6 u. 7) setzt sich im einzelnen Quadranten an die primäre Hauptwand an und läuft unter rechtem Winkel (also parallel mit der secundären Hauptwand) gegen die aus der ersten primären Randzelle entstandene der dritten primären Randzelle zweitnächste tertiäre Randzelle. An diese Wand setzen sich darauf und zwar unter rechtem Winkel 2 neue Wände an. Die eine derselben (II^1 auf Taf. XXXIV. Fig. 3 u. 7) läuft in annähernd radialer Richtung gegen die dritte primäre Randzelle und knüpft sich an eine der aus dieser entstandenen Randzellen an. Die andere (III^1 auf Taf. XXXIV. Fig. 3 u. 7) setzt sich dagegen mit der secundären Hauptwand in Verbindung. Auf diese Weise zerfällt jede primäre Centralzelle in 4 Tochterzellen von verschiedener Grösse, eine grosse innere oder eigentliche Centralzelle, eine etwas kleinere an der ersten primären Randzelle liegende, eine noch etwas kleinere an der zweiten primären Randzelle befindliche und eine kleinste in dem Winkel zwischen der ersten und dritten primären Randzelle jedes Cylinderquadranten. Während die 3 grössern Zellen die Form eines Rechtecks oder Quadrats besitzen, ist die kleinste meist unregelmässig eckig gestaltet. Die 3 grösseren dieser 4 Tochterzellen theilen sich noch verschiedene Male durch Scheidewände, welche entweder der primären oder der bezüglichen secundären Hauptwand parallel laufen; eine bestimmte Folge der Theilungen ist jedoch hier noch weniger als bei den weiter vorgeschrittenen Theilungen der Randzellen festzusetzen.

In den eben geschilderten Vorgängen sind in den Hauptzügen die Eigenthümlichkeiten der Theilungsfolge der einzelnen secundären Langtriebsglieder niedergelegt, so, wie sie in den bei weitem meisten Fällen stattfinden; doch giebt es auch hier eine Reihe von Modificationen. Bisweilen, wiewohl ziemlich selten, lehnt sich die zweite primäre Randzelle unmittelbar an die erste an und lässt zwischen

sich und der primären Hauptwand ein Stück des Randes zur Ueberbrückung frei (Taf. XXXIV. Fig. 5 im oberen rechten Quadranten); die Bildung der Randzellen schreitet hier also einseitig fort. Wie bei der normalen Theilung lehnt sich übrigens auch hier die erste primäre Randzelle an die bezügliche secundäre Hauptwand an. — Ebenso ist die Theilung in den einzelnen Randzellen und besonders bei vorgerückteren Stadien nicht mehr ganz constant, indem hier bald statt einer tangentalen Längswand eine radiale auftritt und umgekehrt, dort eine Theilung unterbleibt oder auch sich eine Zelle öfter als gewöhnlich theilt. — Bei der Theilung der primären Centralzelle des Cylinderquadranten kommt es auch bisweilen vor, dass die erste Längsscheidewand parallel der primären (nicht wie gewöhnlich parallel der secundären) Hauptwand verläuft (Taf. XXXIV. Fig. 6 im rechten untern Quadranten); wie überhaupt die Theilungen der Centralzellen weniger regelmässig, als die der Randzellen, auf einander folgen. —

Je älter das Stück der Axe ist, durch welche ein Querschnitt geführt wird, um so regelmässiger erscheint das Zellgewebe auf den ersten Blick, um so schwerer lässt sich jedoch die Theilungsfolge wiedererkennen, da die später auftretenden Wände die früher entstandenen aus ihrer ursprünglichen Richtung herausziehen [1]). Bei Querschnitten, welche durch die Abgangsstelle eines Astes gehen, ist auf der Seite des abgehenden Astes in den 2 betreffenden Cylinderquadranten die Ausbildung der 3 primären Randzellen häufig gestört, indem der Raum zum Theil schon durch die Zellen des Astes eingenommen wird (s. Taf. XXXIV. Fig. 6). Ebenso erschweren auf älteren Querschnitten die Wurzelfäden die Deutung der ursprünglichen Zusammengehörigkeit der Zellen, indem sie bei ihrem Hervorbrechen aus den bezüglichen Randzellen bedeutend an Grösse und Dicke zunehmen und dadurch die benachbarten Zellen zusammendrücken oder überdecken.

b. Quertheilung. Nachdem die Randzellen sich zu wiederholten Malen durch Verticalwände getheilt haben, beginnen die peripherischen Zellen durch Querwände in je 2 secundäre, 4 tertiäre, ja 8 quartäre über einander liegende Tochterzellen zu zerfallen; doch kann die Theilung (in tertiäre Zellen z. B.) in der einen Hälfte (secundären Zelle — die noch nicht durch Querwände getheilte Zelle als pri-

---

1) Wegen dieser Eigenthümlichkeit mag vielleicht die Annahme eines geringen Dickenwachsthums gerechtfertigt erscheinen. — So dürfte auch die Deutung von Fig. 7 auf Taf. XXXIV. ohne Berücksichtigung der successiven Entwickelungsstadien eine sehr gewagte erscheinen.

märe betrachtet —) vor sich gehen, in der anderen unterbleiben (Taf. XXXIV. Fig. 8 u. 9). Dabei theilen sich meist bloss die äussersten Randzellen durch mehrere Querwände; die inneren zeigen bloss eine Querwand oder bleiben ungetheilt. In den Centralzellen fehlt die Querwandbildung gänzlich.

Theilung in den secundären Gliederzellen der Kurztriebe. a. Längstheilung. Aehnlich, wie die Langtriebe, verhalten sich auch die Kurztriebe. Auf Querschnitten durch den unteren Axentheil grösserer Kurztriebe[1]) zeigt sich, wie bei den Langtrieben, eine durchgehende primäre Hauptwand (A auf Taf. XXXIV. Fig. 10 u. 11), welche das secundäre Glied in 2 Cylinderhälften zerfällt. Ihr folgen die 2 secundären Hauptwände (BB, vergl. Taf. XXXIV. Fig. 10 nebst Erklärung), welche diese Cylinderhälften wiederum halbiren. Ebenso finden sich in jedem Cylinderquadranten 2, seltner 3 primäre Randzellen[2]), welche häufig wiederum durch radial senkrechte Scheidewände in Randzellen höherer Generation geschieden werden. Einmal wurde ein Querschnitt beobachtet (Taf. XXXIV. Fig. 11), welcher durch eine Hauptwand in 2 Hälften geschieden, bei dem die Theilung in Quadranten aber unterblieben war. An diese Hauptwand legten sich an beiden Enden und sowohl rechts, als links, je eine primäre Randzelle an und an jede dieser Randzellen lehnte sich wiederum je eine zweite primäre Randzelle und zwar der Art, dass sich je 2 der letzten in der Mitte jeder Cylinderhälfte berührten, die Peripherie des ganzen Gliedes also von 8 gleich grossen primären Randzellen eingenommen wurde.

Querschnitte durch höhere Partieen von Kurztrieben, welche entstanden waren, als schon die Fortbildungsfähigkeit der Scheitelzelle zu erlöschen anfing, zeigen ein etwas verschiedenes Verhalten. Hier unterbleibt die Bildung der Hauptwände in den secundären Gliedern gänzlich. Es erscheint eine ungetheilte Centralzelle, welche in den mittleren Gliedern meist von 5 Randzellen umgeben wird. Dabei legen sich an die erste primäre Randzelle rechts und links die zweite und dritte an und an eine von diesen darauf die vierte; die fünfte Randzelle entsteht durch Ueberbrückung[3]); doch scheint die Reihenfolge nicht gerade sehr constant zu sein. Nach oben hin nimmt die

1) Es wurden nur solche Kurztriebe zur Untersuchung benutzt, deren Wachsthumsfähigkeit bereits erloschen war.

2) Die Bildung der 3ten primären Randzelle scheint hier meistentheils zu unterbleiben.

3) Aehnliche Randzellenbildnng findet sich in den Kurztriebgliedern von Chara.

Zahl der Randzellen immer mehr ab; in der Endzelle fehlt die Randzellenbildung gänzlich und diese bleibt daher ungetheilt. Die Randzellen zerfallen durch Bildung radial senkrechter Wände auch hier gewöhnlich in Zellen höherer Ordnung.

b. Quertheilung in den secundären Gliederzellen findet sich bei den Kurztrieben ebenfalls, wenn auch, im Vergleich zu den Langtrieben, in geringerem Grade (Taf. XXXIV. Fig. 1).

Adventiväste. Adventivastbildung findet sich im Allgemeinen selten. Sie tritt an Langtrieben und zwar vorzüglich dann ein, wenn dieselben in Folge äusserer Einflüsse (Beschädigung, Vertrocknen*) der Langtriebspitzen u. dergl.) aufgehört haben in die Länge zu wachsen. Sie können sich theils zu Lang-, theils zu Kurztrieben entwickeln. Ihre Stellung ist meist sehr unbestimmt, doch stehen sie gewöhnlich wenig unterhalb der Spitze des noch lebenskräftigen Theils des abnormaler Weise begrenzten Langtriebs. Sie können einzeln, zu 2, ja (obwohl selten) zu 3—5 an ein und demselben secundären Gliede stehen, ihre Verzweigungsebene liegt daher auch nur selten in der allgemeinen Verzweigungsebene. Selbst wenn ein normaler Ast eines begrenzten Langtriebs unbegrenztes Wachsthum angenommen hat, können sich neben dem letztern noch Adventiväste bilden. Die Adventiväste entspringen (ob immer?) aus den untern secundären Gliedern primärer Glieder und entstehen durch Auswachsen von Gewebezellen. Hinsichtlich des Wachsthums und der Zelltheilung in den secundären Gliedern stimmen sie vollständig mit derjenigen Thallomart (Lang- oder Kurztrieb) überein, zu welcher sie sich entwickelt haben.

Haarbildungen. Haarbildungen finden sich in den Achseln der Aeste, Lang- und Kurztriebe, auf der der Hauptaxe zugekehrten Seite (Taf. XXXIV. Fig. 1. 2. 12) zu 2, 4, 6, 8 oder in noch grösserer Anzahl; dreimal habe ich 12 (Taf. XXXIV. Fig. 12), einmal sogar 16 Haare an der Basis desselben Astes beobachtet. Sie stehen in 2 Reihen über einander, in jeder Reihe also 2, 4, 6, 8 u. s. w. neben einander (Taf. XXXIV. Fig. 12). Sie stellen im ausgebildeten Zustande gegliederte, mit wasserhellem Inhalt erfüllte, Zellfäden dar, deren untere Zellen kurz, die obern aber stark verlängert sind. Sämmtliche Haare an der Basis eines Astes entstehen aus einer Zelle. Zur Zeit, wo der Ast noch einzellig ist, wächst derselbe auf der inneren Seite in einen Vorsprung aus (s. früher), der sich durch eine Scheidewand abgrenzt

*) Vergl. Meneghini. l. c. p. 316.

(Taf. XXXIV. Fig. 2). Die so entstandene Zelle ist die Anlage für die Haare[1]). Sie scheint sich bald nach ihrer Entstehung durch eine auf der Verzweigungsebene der Pflanze senkrecht stehende Längswand in 2 Tochterzellen zu theilen; diese bilden die Anlagen für die beiden Reihen von Haaren. Ohne Zweifel zerfällt nun jede dieser Zellen durch eine in der Verzweigungsebene der Pflanze liegende, die vorige also kreuzende Wand in je 2 neben einander befindliche Zellen und jede von diesen kann sich gleich darauf durch eine gleichfalls in der Verzweigungsebene liegende Wand wiederum in je 2 Tochterzellen theilen. So sind 8 Haaranlagen entstanden, welche durch Wiederholung dieses Processes ihre Zahl verdoppeln können. Bloss 6, 10, 12 Haarbildungen aber entstehen, wenn eine oder mehrere dieser nachträglichen Theilungen durch in der Verzweigungsebene liegende Wände unterbleibt.

In den frühesten Zuständen stellen diese Haare einfache Zellen dar. Sie besitzen dabei körnigen Inhalt. Erst später werden sie durch nachträgliche Quertheilung in Zellreihen verwandelt, wobei der körnige Inhalt verschwindet und die Zellen der Haare wasserhell werden. Nachdem dies geschehen, dehnen sich die einzelnen Zellen und zwar sehr bedeutend in der Längsrichtung aus. Dieses secundäre Längenwachsthum schreitet von oben nach der Basis hin vorwärts, ohne jedoch dieselbe zu erreichen, so dass deshalb das Haar an der Basis kurzgliedrig, nach der Spitze hin aber langgliedrig erscheint. Die zarten Enden der Haarbildungen brechen sehr bald ab und wenige Zeit später ist kaum noch die Stelle, wo sie gestanden, als kleine Erhebung erkennbar[2]).

Was endlich den Grad der Ausbildung betrifft, welchen die Haare auf verschiedenen Höhen erreicht haben, so sei hier noch Folgendes bemerkt. Während an dem jüngsten Ast sich eben die später die Haarbildungen erzeugende Zelle von der Astanlage abgrenzt, lassen sich am nächst untern Ast bereits 2—4 schon bedeutend in der Längsrichtung gestreckte, aber meist noch aus einfachen Zellen bestehende Haare unterscheiden und haben sich am zweitunteren Ast die meist in noch grösserer Anzahl befindlichen Haare bereits durch

---

1) Will man diese Zelle und die daraus entstehenden Haarbildungen als einen modificirten Ast ansehen, so würde allerdings, wie Meneghini angiebt (s. früher), der erste Ast constant und ohne Ausnahme nach innen liegen.

2) Ganz ähnlich verhalten sich die Haarbildungen der den Sphacelarieen nahe stehenden Myriotrichia Harveyana Näg. (s. Nägeli, Neuere Algensysteme p. 147). Auch hier brechen die zarten Spitzen der Haare sehr bald ab.

Querwände getheilt. — Auf den Abbildungen von Kützing[1]), Harvey[2]), Lyngbye[3]) sind die Haarbildungen nicht berücksichtigt.

Wurzelfäden. Die Wurzelfäden sind anfangs Zellreihen, später gegliederte Zellkörper und finden sich nur an älteren Langtrieben. An oberen Partieen vereinzelt aus denselben hervorbrechend, umgeben sie dieselben weiter unten in Gestalt eines mehr oder weniger dichten Filzwerkes. (Taf. XXXIV. Fig. 7 zeigt den Querschnitt durch eine mit Wurzelhaaren umgebene Langtriebaxe.) Sie entstehen in den unteren secundären Gliederzellen und zwar aus einer secundären Zelle der dritten primären Randzelle; dabei scheint diejenige secundäre Randzelle der dritten primären, welche auf Seite der primären Hauptwand sich findet (Taf. XXXIV. Fig. 7), vorzüglich zur Wurzelfadenbildung geeignet zu sein[4]). Jeder Cylinderquadrant eines unteren secundären Gliedes giebt normal je einem Wurzelfaden die Entstehung; die 4 Wurzelfäden sind in Beziehung auf ihre gegenseitige Lage über's Kreuz gestellt. Die einzelnen Wurzelfäden können über mehrere Internodien des Langtriebes herunterwachsen. Während sie an den obern Theilen der Hauptaxe eben hervorbrechen und etwas tiefer kaum über eine oder wenige primäre Gliederzellen herabreichen, finden sich an den ältesten Partieen Wurzelfäden, welche sich über 10 bis 20 und mehr primäre Glieder erstrecken. Aeltere Wurzelfäden verzweigen sich auch bisweilen. Die Wurzelfäden legen sich oft dicht an die Hauptaxe an oder verfilzen sich unter einander. Bisweilen verschmelzen wohl auch die dicken Zellwände von 2 sich berührenden Wurzelfäden auf eine gewisse Strecke mit einander (wie man öfters auf Querschnitten sieht), nie aber schliessen sie zu einer unächten parenchymatoidischen Rinde zusammen.

Ursprünglich einzellig verwandeln sich die Wurzelfäden durch von der Basis nach der Spitze fortschreitende Querwandbildung in Zellreihen (Taf. XXXIV. Fig. 8 u. 9). Jedes primäre Glied der Zellreihe theilt sich bald nach seiner Abgrenzung durch eine neue Querwand in 2 secundäre Glieder. Diese secundären Glieder (welche 1—2mal

---

1) Kützing, Phycol. gener. Taf. 18. II. — Tabul. phyc. Bd. V. 96.

2) Harvey, l. c. Pl. XXXVII.

3) Lyngbye, l. c. Tab. 31. A. u. B.

4) Da die aus der 3ten primären Randzelle eines secundären Gliedes hervorgehenden secundären Randzellen durch Querwandbildnng wieder in mehrere (bis 4) übereinander stehende Zellen zerfallen, so ist es denkbar, dass von letzteren ganz bestimmte zur Bildung von Wurzelfäden dienen. In einem sichern Falle sah ich den Wurzelfaden aus der zweituntersten der 4 über einander stehenden Tochterzellen der genannten secundären Randzelle hervortreten (Taf. XXXIV. Fig. 8).

so lang, als dick sind) theilen sich dann, analog den secundären Gliedern von Langtrieben durch eine Längswand, primäre Hauptwand (A in dem Wurzelfaden links auf Taf. XXXIV. Fig. 7) in 2 Cylinderhälften, von welchen eine jede durch eine secundäre Hauptwand (BB) in je zwei Cylinderquadranten zerfällt. Häufig legen sich auch an diese Hauptwände andere Scheidewände an, welche (ähnlich wie bei der Bildung der ersten und zweiten primären Randzelle in Langtriebgliedern) dreieckige Zellen aus dem Cylinderquadranten herausschneiden; doch fand ich in einem Quadranten mit Sicherheit nie mehr als eine solche Randzelle. Sie lehnte sich bald an die primäre, bald an eine secundäre Hauptwand an. Selten unterbleibt selbst die Bildung der secundären Hauptwände und legen sich dann einige Randzellen (wenn solche vorhanden) an die primäre Hauptwand an.

Antheridien und Keimfrüchte sind nicht bekannt, eben so wenig Brutknospen.

Sporen. Da ich selbst keine Sporen beobachtet habe, so folge ich in der Beschreibung derselben Meneghini[1]). Die Sporen finden sich nach demselben auf vielfach verzweigten Trägern, welche gleich den sie begleitenden[2]) Haarbildungen in den Achseln der Aeste oder auch im Umkreis von deren Basis sich finden; diese Träger erheben sich, sowohl vom Ast, als auch von der Hauptaxe. Jedes Aestchen des Fruchtstandes trägt einen ellipsoidischen die Spore enthaltenden Schlauch. Diese Fruchtstielchen sind articulirt, ihre Glieder (wie die Basalglieder der Haare) viel kürzer als breit. Die Stelle, wo sich der Schlauch ansetzt, ist etwas verbreitert, das oberste Glied auch ein wenig länger als die anderen. Unterhalb eines Schlauchs befinden sich oft 2 gegenüberstehende wiederum Schläuche tragende Stielchen, so dass durch Wiederholung dieser Verzweigungsart der Fruchtstand oft trichotomisch verästelt erscheint.

Die Sporen sind constant ellipsoidisch, der Kugelform sich nähernd; in Hinsicht auf Grösse veränderlich. Sie verlassen den Schlauch durch eine durch Längs- oder Querriss entstandene Oeffnung, welche sich bald an der Basis, bald an der Spitze bildet. Sie sind nicht vollständig glatt, sondern scheinen von einer mit zarten Vorsprüngen versehenen Haut umschlossen zu sein.

Die frühere Ansicht, welche den dunklen schleimigkörnigen Inhalt in den Scheitelzellen der Sphacelarieen, welcher häufig ziemlich scharf

1) Meneghini, l. c. p. 349 u. 350. — Vergl. Roth, Cat. Bot. III. p. 143.

2) Decaisne, Classif. des Algues in Annal. des Scienc. Nat. 1842. Tome 17 p. 341.

umgrenzt erscheint, als eine Art Sporenbildung betrachtete, widerlegten Decaisne[1]) und Meneghini[2]).

Stypocaulon Mülleri (Sonder) † [3]).

Die Pflanze zeigt ausser 2 Arten Thallomen (Lang- und Kurztrieben), Haarbildungen und Wurzelfäden. Das vorliegende Exemplar war c. 80 mm. hoch.

Lang- und Kurztriebe verhalten sich wie bei Stypocaulon scoparium. Erstere[4]) erzeugen Lang- und Kurztriebe und umgeben sich später mit einem Wurzelfilz; letztere[5]) tragen bisweilen wieder secundäre Kurztriebe und zwar meist 3—4. Tertiäre Kurztriebe habe ich nicht beobachtet.

Aststellung (vergl. Taf. XXXIV. Fig. 14). Die Pflanze verzweigt sich in einer Verticalebene; die Verzweigung ist bei Lang- und Kurztrieben fast constant alternirend zweizeilig, der Verzweigungswinkel ein spitzer. Bei je 2 auf einander folgenden Aesten war in 54 Fällen die Stellung der Aeste 49mal eine alternirende und bloss 5 mal (1 mal an der Hauptaxe, 4 mal an Nebenaxen) folgten sich 2 successive Aeste auf derselben Seite. Während bei Stypocaulon scoparium der erste Ast vorwaltend nach innen gerichtet ist, fiel bei Stypocaulon Mülleri unter 18 Fällen der erste Ast nur 2 mal nach innen und 16 mal nach aussen, übertrifft also die Zahl der nach aussen gerichteten Aeste die Zahl der auf der innern Seite stehenden sehr bedeutend. Die Pflanze ist im Vergleich zu Stypocaulon scoparium sehr locker verzweigt, da einestheils die Langtriebe bei weitem nicht so dicht gestellt sind, als bei einigen Varietäten der letztgenannten Pflanze, anderntheils zwischen den Abgangsstellen von 2 successiven Aesten an der Hauptaxe sich gewöhnlich 5 Internodialglieder vorfinden. Unter 12 Fällen zählte ich 10 mal 5, 1 mal 4 und einmal 6 Internodialglieder zwischen je 2 successiven Aesten. Bei den Nebenaxen ist die Zahl der Internodialglieder im Ganzen noch etwas grösser; sie beträgt gewöhnlich 6—8. So fanden sich unter 34 Fällen 4 mal 5, 9 mal 6, 7 mal 7, 5 mal 8, 3 mal 9, 2 mal 10, 2 mal 11, 1 mal 13,

1) Decaisne, Annal. d. Scienc. Nat. 1842. Tome 17. p. 373.

2) Meneghini, l. c. p. 315 u. 316.

3) Das der Untersuchung dienende Exemplar war als Sphacelaria Mülleri Sonder bezeichnet und stammte aus dem Herbarium Martens; als Fundort war Cap Wilson an der Südspitze Neuhollands angegeben.

4) Die Länge der Langtriebe kann 60 mm. oder etwas mehr erreichen.

5) Die Länge der Kurztriebe beträgt $4\frac{1}{2}$ mm oder wenig mehr; ein unverzweigter Kurztrieb besteht aus 30—40 oder etwas mehr primären Zellgliedern.

ja 1 mal sogar 18 Internodialglieder zwischen den Abgangsstellen von je 2 successiven Aesten. Wie bei Stypocaulon scoparium bestehen auch hier die Basilarinternodien aus einer grösseren Anzahl primärer Glieder, als die gewöhnlichen Internodien; es sind meist 9—11. Unter 16 Fällen zählte ich 1 mal 7, 1 mal 8, 7 mal 9, 3 mal 10, 3 mal 11, 1 mal 12 primäre Glieder.

Wachsthum. Stypocaulon Mülleri verlängert sich durch Scheitelwachsthum. Der Process der Astbildung ist ganz wie Stypocaulon scoparium. Nachdem sich durch successive Querwandbildung mehrere primäre Zellen (Internodialzellen) von der stetig fortwachsenden Scheitelzelle abgegrenzt haben, bildet sich seitlich ein wenig unterhalb der Spitze der Scheitelzelle eine neue Ausbuchtung, welche sich bald durch eine uhrglasförmig in das Lumen der Scheitelzelle vorspringende Scheidewand abgrenzt. Es ist die Anlage zu einem neuen Ast. Auf diese Basalscheidewand des Astes und zwar ein wenig unterhalb der Mitte setzt sich senkrecht [1]) eine neue Querscheidewand auf, welche die oberste primäre Zelle (Knotenzelle) eines Internodiums von der Scheitelzelle abschneidet. Der ganze Unterschied in Hinsicht auf das Wachsthum zwischen Stypocaulon scoparium und St. Mülleri beruht also darin, dass ersteres meist eine, letzteres meist 5 (an Nebenaxen 6—8) Internodialglieder erzeugt, bevor es wieder zur Bildung eines neuen Astes schreitet. Die stetig weiterwachsende Scheitelzelle fährt fort in der geschilderten Weise neue Gliederzellen und neue Aeste anzulegen, nur erscheint jeder folgende Ast normal auf der dem vorhergegangenen entgegengesetzten Seite.

Die primären Zellen zerfallen sehr bald in secundäre, welche wie die primären kein nachweisliches secundäres Längen- oder Dickenwachsthum besitzen. Die einzelnen secundären Glieder sind mehr breit als lang; die mittlere Dicke der Langtriebglieder beträgt c. 45 mikrom.

Sobald die Astanlage sich von der Hauptaxe differenzirt hat, bildet sich in der Achsel des Astes die Anlage zu der später die Haarbildungen erzeugenden Zelle: eine Ausbuchtung, welche sich bald durch eine Scheidewand abgrenzt. Auf diese Scheidewand trifft nun

---

1) Auf der von Kützing (Tab. Phyc. Bd. V. Taf. 100) für Spongomorpha Mülleri Kütz. gegebenen Abbildung steht diese Querwand über der Basalscheidewand des Astes. Ueberhaupt weicht diese Abbildung der Spongomorpha Mülleri so sehr von der von mir untersuchten Pflanze ab, dass beide Arten jedenfalls verschiedenen Gattungen angehören. Als Synonym für Spongomorpha Mülleri ist jedoch in den Tab. Phyc. auch Sphacelaria Mülleri Sonder mit aufgeführt.

senkrecht diejenige Querwand auf, welche die erste primäre Gliederzelle von der Scheitelzelle des Astes abschneidet. Das übrige Verhalten des Astes stimmt in der Hauptsache ganz mit dem der Hauptaxe überein; neue primäre Glieder und neue Aeste entstehen auf die schon früher geschilderte Weise.

Bei Kurztrieben unterbleiben häufig die Anlagen zu neuen Aesten und tritt bald, doch bei weitem nicht so früh, wie bei Stypocaulon scoparium Begrenzung der Wachsthumsfähigkeit ein. Auch die primären Zellen der Kurztriebe zerfallen sehr bald in secundäre. Die Kurztriebe werden nach oben dünner und besitzen eine dreieckige, etwas spitzliche, am Ende stark verdickte Endzelle. Die Kurztriebglieder stehen den Gliedern der Langtriebe an Dicke bedeutend nach.

Theilung in den secundären Gliederzellen. A. Längstheilung. a. Langtriebe. Wenn die primären Zellen in secundäre Glieder zerfallen sind, beginnen die letzteren auch sofort sich durch Verticalwände zu theilen. Durch eine erste Hauptwand (A auf Taf. XXXIV. Fig. 15 u. 16) wird der Zellcylinder, welchen die secundäre Zelle bildet, in zwei Cylinderhälften zerfällt. Die Lage dieser primären Hauptwand ist, wenigstens in den internodialen Gliedern, nicht genau in der Verzweigungsebene, da nicht bloss die primären Hauptwände, sondern auch die darauf entstehenden secundären Hauptwände in den successiven secundären Gliedern nicht genau über einander liegen, sondern um einen Winkel von 20—25° oder auch um weniger mit einander divergiren (s. später; vergl. auch Stypocaulon scoparium). Indem sich nun an die primäre Hauptwand 2 neue Wände (secundäre Hauptwände; BB auf Taf. XXXIV. Fig. 15 u. 16) unter rechtem Winkel ansetzen, werden die beiden Cylinderhälften wiederum halbirt; die ursprüngliche Zelle besteht jetzt aus 4 Cylinderquadranten. In jedem dieser Quadranten lehnt sich nun zuerst an die secundäre, dann an die primäre Hauptwand je eine Scheidewand an (I, II auf Taf. XXXIV. Fig. 15 u. 16), welche aus dem Cylinderquadranten je eine im Allgemeinen dreieckige Zelle herausschneidet. Diese Zellen sind die erste und zweite primäre Randzelle der betreffenden Cylinderquadranten, sie sind in der Anlage meistentheils fast gleich gross und lassen (auf dem Querschnitt) ein Stück des Randes zwischen sich frei, welches ungefähr einem Drittheil der Peripherie eines Kreisquadranten gleichkommt [1]). Dieses

1) Auf Taf. XXXIV. Fig. 15 sind die ersten primären Randzellen viel grösser als die 2ten und 3ten; doch sind, wenigstens in der Anlage, die 3 primären Randzellen gewöhnlich fast gleich gross. Erst später scheint sich die erste primäre etwas mehr als

noch freie Stück des Randes wird darauf nachträglich überbrückt und so die dritte primäre Randzelle gebildet.

Durch eine radial senkrechte Wand theilt sich die erste primäre Randzelle sehr bald in 2 secundäre (1 auf Taf. XXXIV. Fig. 15). Die an die Hauptwand grenzende secundäre Randzelle theilt sich wiederum durch eine tangental senkrechte Wand in 2 tertiäre, eine innere und eine äussere und diese können sich endlich wiederum durch eine radial senkrechte Wand in je 2 quartäre theilen. Gewöhnlich erfolgt die letztere Theilung jedoch bloss in der äussern tertiären Randzelle. Die der Hauptwand (secundären) abgewendete secundäre Randzelle zerfällt durch eine radial senkrechte Scheidewand meist bloss in 2 tertiäre Zellen. Ebenso theilt sich die zweite und dritte primäre Randzelle meist bloss durch eine radial senkrechte Wand in 2 tertiäre.

Nachdem die primären Randzellen aus dem Cylinderquadranten herausgeschnitten sind und einige Theilungen in denselben stattgefunden haben, beginnt auch in dem Reste des Cylinderquadranten, der primären Centralzelle, ein Theilungsprocess. Die erste in der primären Centralzelle eines Cylinderquadranten auftretende Wand (I^1 auf Taf. XXXIV. Fig. 15) verbindet die an die dritte primäre Randzelle stossende secundäre Tochterzelle der ersten primären Randzelle; oder (wenn diese secundäre Zelle schon in tertiäre zerfallen ist) die an die dritte primäre Randzelle grenzende tertiäre; oder endlich die der ersten primären Randzelle zugewendete secundäre Tochterzelle der dritten primären Randzelle mit der primären Hauptwand. Letzteres scheint der gewöhnlichere Fall zu sein; vergl. Taf. XXXIV. Fig. 15 nebst Erklärung. An diese so entstandene Scheidewand setzt sich wieder eine kleinere (II^1 auf Taf. XXXIV. Fig. 15) an, welche die erstere mit derjenigen secundären Zelle der dritten primären Randzelle, welche der zweiten primären angrenzt, verbindet. Zugleich verknüpft eine dritte Wand (III^1 auf Taf. XXXIV. Fig. 15) die erste in der primären Centralzelle entstandene Scheidewand mit der secun-

---

die andern Randzellen zu entwickeln und auszudehnen. Auch in Fig. 16 erscheint dieses Verhältniss nicht in allen Quadranten so deutlich, als gewöhnlich, ausgeprägt, obgleich das hier gegebene Stadium ein jüngeres ist; doch habe ich, um Figuren zu sparen, wie schon bei Stypocaulon scoparium, so auch hier geflissentlich meist solche Querschnitte ausgewählt, bei denen zugleich irgend eine Abweichung von der Regel vorkam. — Solche nachträgliche Ausdehnung der primären Randzellen deutet, wie das schon früher besprochene spätere Auseinanderziehen der Scheidewände auf ein geringes Dickenwachsthum.

dären Hauptwand des Cylinderquadranten; diese ist der primären Hauptwand parallel. So findet man auf diesem Stadium die primäre Centralzelle in 4 Zellen differenzirt; in eine grosse innere, die eigentliche Centralzelle, in 2 etwas kleinere, von denen je eine an die erste und zweite primäre Randzelle stösst, und in eine kleinste an die dritte primäre Randzelle grenzende. Die 3 ersten sind im Ganzen quadratisch oder rechteckig geformt, die letztere von unregelmässig eckiger Gestalt.

Nach Analogie mit Stypocaulon scoparium ist zu vermuthen, dass sowohl die Randzellen, als auch die 3 grösseren Centralzellen eines Quadranten sich noch weiter zu theilen vermögen, doch besitze ich hierüber keine Untersuchungen. Der Theilungsprocess in den secundären Gliederzellen von Stypocaulon Mülleri ist, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, in der Hauptsache ganz übereinstimmend mit demjenigen bei Stypocaulon scoparium. Ein kleiner Unterschied ist nur in der Ausdehnung der primären Randzellen bemerkbar, indem bei Stypocaulon scoparium die erste primäre Randzelle auf dem Querschnitt etwa die Hälfte, die zweite etwa ein Drittheil oder seltner bloss ein Viertheil, die dritte endlich den Rest einnimmt, während bei Stypocaulon Mülleri die einzelnen primären Randzellen, wenigstens in der Anlage, jede ein nahezu gleich grosses Stück, also etwa ein Drittheil der Peripherie des Kreisquadranten umfassen. Wie bei Stypocaulon scoparium überrascht auch bei Stypocaulon Mülleri bei Querschnitten durch ältere Axenpartieen die regelmässige Anordnung der Scheidewände; nach solchen Querschnitten würde man glauben mit vollem Recht die Bildung von nur 2 primären Randzellen in einem Cylinderquadranten annehmen zu dürfen, wenn nicht Querschnitte durch jüngere Entwicklungsstadien unzweifelhaft und fast ausnahmslos 3 primäre Randzellen zeigten. Modificationen in der Art und Folge der Zelltheilungen scheinen bei Stypocaulon Mülleri noch weniger, als bei der vorhergehenden Art, vorzukommen.

b. Längstheilung bei den Kurztrieben. Querschnitte durch Basalglieder der Kurztriebe zeigen die secundären Zellcylinder durch die primäre und die 2 secundären Hauptwände, wie bei den Langtrieben, in 4 Quadranten zerfällt (Taf. XXXIV. Fig. 17). Die Peripherie des Cylinders wird später von einer Anzahl Randzellen eingenommen. Querschnitte durch höher gelegene Kurztriebglieder lassen eine ungetheilte, von Randzellen umgebene Centralzelle erkennen, das oberste Glied endlich bleibt einzellig.

B. Quertheilung in den secundären Gliederzellen. Dieselbe tritt später in den peripherischen Randzellen der secundären Glieder sowohl bei Lang- als Kurztrieben auf.

Adventivastbildung habe ich nicht beobachtet.

Haarbildungen. Die Haare finden sich in der Achsel der Aeste und entstehen aus der zuerst sich von der Astanlage abgrenzenden Zelle. Je 2 von ihnen stehen in der Richtung der Verzweigungsebene hinter einander; sie bilden daher 2 die Richtung der Verzweigungsebene unter rechtem Winkel schneidende Reihen. Es sind zarte, in der Jugend einzellige, später gegliederte Zellfäden, deren einzelne Glieder ein ziemlich bedeutendes von oben nach unten fortschreitendes secundäres Längenwachsthum zeigen; doch strecken sich nur die obern Zellen nachträglich in der Längsrichtung, der Basaltheil des Haares bleibt unverändert. Die Enden der Haare brechen sehr leicht ab und bald ist auch das ganze Haar verschwunden. Die Haare sind bei Stypocaulon Mülleri in geringerer Anzahl vorhanden, als bei der früher beschriebenen Species.

Wurzelfäden. Die Wurzelfäden sind gegliedert und brechen aus einer secundären Zelle der dritten primären Randzelle hervor (Taf. XXXIV. Fig. 15); dabei scheint die der primären Hauptwand zugewendete secundäre Zelle bevorzugt zu sein (vergl. Stypocaulon scoparium). Die Wurzelfäden entstehen constant nur aus dem unteren secundären Glied einer primären Zelle des Internodiums. Ihre durchschnittliche Dicke beträgt c. 10 mikrom.; sie stehen zu 2 sich gegenüber oder sind zu 4 über das Kreuz gestellt. Sie verharren bei Stypocaulon Mülleri längere Zeit in einem rudimentären Zustande und stellen sich dann als ganz unbedeutende in der Längsrichtung etwas gestreckte Erhebungen auf der Aussenfläche des betreffenden Zellgliedes dar. In diesem ersten Entwicklungsstadium finden sich die Wurzelfäden oft an einer ganzen Reihe successiver primärer Glieder[1]).

1) Da die Wurzelfäden, so lange sie sich in dem oben erwähnten rudimentären Zustande befinden und so sich selbst und die benachbarten Randzellen noch nicht überdecken, durch etwas abweichende Färbung von dem übrigen Zellgewebe leicht zu unterscheiden sind, so versuchte ich durch verschiedene Einstellung die genaue Lage derselben und (da die Lage der Wurzelfäden wieder von der Stellung der Hauptwände im Zellcylinder abhängt) auch letztere auf grössere Strecken zu bestimmen. Doch wechselte dieselbe in 13 aufeinanderfolgenden internodialen Gliedern so oft und in solcher Weise, dass von einer Regelmässigkeit nicht die Rede sein kann. Vergl. auch das schon früher über die Stellung der Hauptwände in den successiven secundären Gliedern Gesagte.

Die Glieder der Wurzelfäden können sich durch eine primäre (A) und 2 secundäre Hauptwände (BB) in 4 Cylinderquadranten theilen (Taf. XXXIV. Fig. 18); in einem Quadranten kann sich nur je eine Randzelle bilden (I, I), welche bald der primären, bald der secundären Hauptwand anliegt.

Reproductive Organe sind nicht bekannt.

Halopteris Filicina Kütz.[1]).

Die ganze Pflanze erreicht eine Grösse von $1\frac{1}{2}$—2, ja nach Meneghini[2]) selbst 10 Centimeter. Ausser den Lang- und Kurztrieben finden sich an den älteren Partieen noch Wurzelfäden. Von Reproductionsorganen sind Keimfrüchte bekannt.

Die Langtriebe erzeugen Lang- und Kurztriebe und umkleiden sich später mit Wurzelfäden. Die primären Kurztriebe erzeugen secundäre und diese wiederum tertiäre Kurztriebe; ihre Endzellen sind nach Begrenzung des Wachsthums weniger zugespitzt, als bei Stypocaulon.

Aststellung. Die Verzweigung ist im Ganzen eine constant alternirend zweizeilige, der Verzweigungswinkel c. 45°. Durch die verschiedenartigsten Stellungsverhältnisse der Langtriebe an der Hauptaxe, welche erstere von der grössten Unregelmässigkeit bis zur regelmässigsten Alternation in der Anordnung der in ihren äussern Umrissen mehr oder weniger linear-lanzettlich erscheinenden Hauptzweige wechseln können, werden eine Menge Abänderungen hervorgerufen. Ueberhaupt zeigt die Pflanze analog Stypocaulon bedeutende Unterschiede in der Ausbildung der Sommer- und Winterexemplare[3]); erstere sind schlanker und weniger verzweigt, letztere öfter verzweigt und gedrungener gebaut. Eine Abweichung von der alternirenden Verzweigung bildet die fast ausnahmslose Regel, dass die 2 ersten Zweige eines Astes der Hauptaxe, woran derselbe steht, zugerichtet sind, eine Erscheinung, welche bei Harvey[4]) vortrefflich wiedergegeben, auf den Abbildungen von Kützing[5]) aber nicht erkennbar ist. Erst die höhern Aeste gehorchen dem Gesetze der Alternation. Zweimal habe ich sogar die 3 ersten Zweige eines Astes nach innen gestellt gefunden, die übrigen alternirend. Selten ist die Verzweigung eines

---

1) Die untersuchte Pflanze (2 Weingeistexemplare) hatte Nizza zum Fundort.

2) Meneghini, l. c. p. 327.

3) Vergl. Harvey l. c. — Meneghini, l. c. p. 324.

4) Harvey, l. c. Pl. CXLII.

5) Kützing, Tab. Phyc. Bd. V. Tab. 85.

Astes gleich von Anfang an alternirend, doch liegt auch dann wenigstens der erste constant nach innen. Nur ein einziges Mal habe ich den ersten Zweig eines Astes zwar nach innen, den zweiten und dritten aber nach aussen gerichtet gesehen. Die folgenden alternirten auch in diesem Falle normal.

Da bei Halopteris fast ausnahmslos sowohl bei Haupt- als Nebenaxen (sofern letztere überhaupt Aeste erzeugen) jedes primäre Glied einen Ast trägt, so bestehen hier die Internodien bloss aus einem primären Glied, dem Knotenglied. So bestanden 38 Internodien einer Hauptaxe, 167 der zugehörigen secundären, 83 der tertiären sämmtlich ohne Ausnahme aus je einem primären Gliede. Nur bei Axen der höchsten Ordnungen sah ich einige wenige Fälle, bei welchen ein primäres Glied hinsichtlich der Astbildung übersprungen worden war. Auch die Basilarinternodien der Axen niederer Ordnung bestehen, da normal schon das erste Glied einen Ast erzeugt, bloss aus dem Knotengliede. Doch finden sich auch hier bei Axen der höchsten Ordnungen Störungen dieser Regel.

Wachsthum. Die Pflanze vergrössert sich durch Scheitelwachsthum; wie bei Stypocaulon entstehen auch hier die Aeste an der Scheitelzelle. Seitlich ein wenig unterhalb der Spitze bildet sich eine Ausbuchtung, welche sich bald durch eine Scheidewand abgrenzt und so die Astanlage darstellt (Taf. XXXV. Fig. 1). Auf diese Basalscheidewände der einzelnen Aeste und zwar so ziemlich in der Mitte treffen die Querscheidewände der primären Gliederzellen (I auf Taf. XXXV. Fig. 1) in senkrechter Richtung auf. Jeder Ast stützt sich somit eigentlich, wie bei Stypocaulon, auf 2 primäre Gliederzellen, welche beide verschiedenen Internodien angehören und von denen die untere als das zugehörige Knotenglied zu betrachten ist [1]). Der ganze Vorgang ist mit dem bei Stypocaulon übereinstimmend, nur dass bei Halopteris keine Internodialglieder (in der früher angegebenen Bedeutung) vorhanden sind, da wenigstens normal jedes primäre Glied einen Ast trägt. Die erste Ausbuchtung, welche sich am primären Ast in dessen Achsel abgrenzt, erzeugt hier keine Haarbildungen, sondern wächst zu einem secundären Ast aus; auch ist dieser Vorgang noch in sofern von dem bei Stypocaulon stattfindenden Processe verschieden, als die genannte Ausbuchtung am Basalglied der Aeste einen Fortsatz bis an die entsprechende Hauptaxe entsendet (Taf. XXXV. Fig. 1). Dieser Fortsatz bildet später, wenn die primären Glieder

---

1) Meneghini, l. c. p. 328.

in secundäre zerfallen sind, das unterste secundäre Glied des secundären Astes und bleibt auch dann noch deutlich erkennbar [1]).

Die primären Glieder zerfallen sehr bald in secundäre, welche in Längs- und Breitenrichtung ziemlich gleiche Ausdehnung zeigen. Der Querdurchmesser der Hauptaxen beträgt gewöhnlich zwischen 34—52 mikrom.; der der primären Nebenaxen etwa halb so viel. Nachträgliches Längenwachsthum, sowie Dickenwachsthum konnte ich nicht nachweisen.

Theilung in den secundären Gliederzellen. Auch hier theilt, wie bei Stypocaulon, eine durchgehende, in der Verzweigungsebene liegende, primäre Hauptwand (A auf Taf. XXXV. Fig. 2—5) die secundäre Gliederzelle in 2 Cylinderhälften und je eine secundäre Hauptwand (BB) zerfällt jede dieser Hälften wieder in 2 Quadranten. In jedem Quadranten bilden sich hier jedoch bloss zwei primäre Randzellen [2]). Die erste nun auftretende Wand (I auf Taf. XXXV. Fig. 2—5) legt sich auch hier an die secundäre Hauptwand an und schneidet ein dreieckiges Stück aus dem Cylinderquadranten heraus. Nun aber verbindet eine tangental senkrechte Scheidewand (II auf Taf. XXXV. Fig. 37 — analog bei den anderen Figuren) die die erste primäre Randzelle abschneidende Wand direct mit der primären Hauptwand und bildet so die zweite primäre Randzelle. Eine dritte primäre Randzelle kommt nur höchst ausnahmsweise zur Ausbildung (vergl. Taf. XXXV. Fig. 4 nebst Erklärung). — Durch eine radial senkrechte Wand theilt sich dann die erste primäre Randzelle in eine der Hauptwand anliegende rechteckige oder trapezoidische und in eine dreieckige secundäre Randzelle. Von diesen zerfällt die erstere durch eine meist tangental senkrechte Wand sehr bald in 2 tertiäre Randzellen und dieser Theilung folgen oft noch andere durch radial oder tangental senkrechte Wände hervorgerufene Theilungen. Die letztere dreieckige secundäre Randzelle bleibt bisweilen ungetheilt und giebt später dem Wurzelfaden ihre Entstehung. Die zweite primäre Randzelle zerfällt durch eine radial senkrechte Wand in 2 secundäre Randzellen und in jeder von diesen können wiederum durch tangental oder radialsenkrechte Wände tertiäre und quartäre Zellen entstehen. — Auch die Centralzellen vermögen sich durch verticale Scheidewände (I^1 auf Taf. XXXV. Fig. 5) zu theilen.

---

1) Vergl. die Abbildung von Halopteris Sertularia Taf. XXXV. Fig. 6, wo dieser Fortsatz (α) deutlicher zu erkennen ist.

2) Um Figuren zu sparen habe ich bloss ältere Stadien abgebildet, doch kann man auch hier die ersten Theilungen zum Theil leicht wieder erkennen.

In den peripherischen Zellen treten später Querwände auf.

Wurzelfäden. Die Wurzelfäden entspringen aus der an die zweite primäre Randzelle grenzenden secundären oder tertiären Eckzelle und sind somit über das Kreuz gestellt; sie umgeben ältere Axen mit einem wenig dichten Filz.

Keimfrüchte. Die von Meneghini[1]) als Antheridien beschriebenen Gebilde möchte ich für Keimfrüchte ansehen, da sie nach der Beschreibung den bei Ectocarpus und einigen Sphacelarieen (im engern Sinne) bekannten und als Keimfrüchten beschriebenen Organen vollkommen analog[2]), von den für Sphacelaria tribuloides und Cladostephus bekannten Antheridien aber (s. später) durchaus verschieden sind. Sie sind von elliptischer Gestalt und sitzen einzeln in den Achseln der Kurztriebe auf einem kurzen nach oben etwas verbreiterten Stielchen und zerfallen angeblich später in eine grosse Menge viereckiger kleiner Zellen mit abgerundeten Ecken. — Ausserdem wurden von Meneghini[3]) Anhäufungen von Sphacelen beobachtet, welche nach ihm als Keimhäufchen gedeutet werden können.

Halopteris Filicina, var. Sertularia[4]).

Die Pflanze, welche nach Agardh[5]) eine Grösse von 30mm erreicht, erzeugt Lang- und Kurztriebe, entbehrt aber der Wurzelfäden und Haarbildungen; Reproductionsorgane sind nicht bekannt.

Aststellung. Die Verzweigung ist im Allgemeinen eine alternirend zweizeilige, die Stellung der Hauptzweige aber, welche von linearer und linear-lanzettlicher bis zu oblonger Gestalt ändern, ist sehr schwankend, da, wie bei Stypocaulon, einzelne ganz unbestimmte Aeste sich zu Langtrieben entwickeln. Der Verzweigungswinkel ist 90°. Wie bei Halopteris filicina stehen auch hier die 2 ersten Zweige eines Astes fast ausnahmslos über einander und zwar auf der innern Seite, die übrigen Zweige folgen dem Gesetze der Alternation[6]). So zeigten von 212 Aesten 183 (also über 86%) die 2 ersten Zweige nach innen gekehrt, die übrigen alternirend (vergl. Taf. XXXV. Fig. 6); 15 die 3 ersten nach innen, die folgenden alter-

1) Meneghini, l. c. p. 330 u. 319.

2) Jac. Georg Agardh, Spec. Genera et Ord. Alg. p. 39.

3) Meneghini, l. c. p. 325.

4) Das der Untersuchung dienende (Weingeist-) Exemplar von Halopteris Sertularia Kütz. hatte Cherbourg als Fundort.

5) Agardh, l. c. p. 35.

6) Vergl. Harvey, l. c. Plate CXLIII; — Kützing, Tab. Phyc. Bd. V. Tab. 85.

nirend; 7 die 4 ersten nach innen, die folgenden alternirend; 6 den ersten nach innen und hierauf Alternation (vergl. Taf. XXXV. Fig. 6 β); einer den ersten nach innen, den zweiten und dritten nach aussen und dann erst Alternation. Hierbei fanden sich die Abweichungen von dieser Regel an den Axen höherer Ordnung etwas häufiger.

Auch bei Halopteris Sertularia Kütz. trägt normal jedes primäre Glied einen Ast. So bestanden die 46 Internodien einer Hauptaxe, 122 Internodien der zugehörigen secundären Axen, 23 der tertiären ohne Ausnahme aus je einem primären Gliede. Bei den Axen höherer Ordnung scheinen hierbei noch weniger Abweichungen, als bei Halopteris filicina, vorzukommen. Auch die Basilarinternodien tragen bereits wieder Aeste.

Wachsthum. Das Wachsthum stimmt ganz mit dem von Halopteris filicina überein. Auch hier lehnt sich je der erste Zweig eines Astes durch einen Fortsatz (α auf Taf. XXXV. Fig. 6) an die entsprechende Hauptaxe an. — Wenn die Scheitelzelle beschädigt oder vertrocknet ist, so vermag die noch lebenskräftige nächstuntere Zelle zu einer neuen Scheitelzelle auszuwachsen (Taf. XXXV. Fig. 6).

Die Theilung in den secundären Gliederzellen gleicht im Ganzen der von Halopteris filicina (Taf. XXXV. Fig. 7 u. 8), doch war häufig ein grosser Unterschied in der Ausbildung der 2 primären Randzellen zu bemerken, indem die eine die andere oft unverhältnissmässig an Grösse übertraf. Die grössere der beiden [1]) primären Randzellen theilte sich dabei häufig durch 3 radial oder schief gestellte senkrechte Wände in 4 Zellen. Die Theilung war überhaupt nicht so regelmässig, als bei Halopteris filicina, soweit ich beide Pflanzen untersuchen konnte. Tangental senkrechte Wände, sowie Theilungen in den Centralzellen habe ich auf den von mir gefertigten Axenquerschnitten nicht gefunden. — Die peripherischen Randzellen theilen sich später durch Querwände.

Jac. Georg Agardh trennt in seinem neuesten Werk [2]) und ebenso Kützing [3]) die Halopteris Sertularia von der Halopteris filicina. Die Pflanze stimmt aber in den Hauptsachen so vollkommen mit Halopteris filicina überein, dass sie wohl nur als eine Varietät der letzteren zu betrachten ist, welche in grösseren Tiefen des Meeres

---

1) Bisweilen schienen auf dem oder jenem Querschnitt 3 primäre Randzellen in einem Quadranten entstanden zu sein. — Auf den 2 gegebenen Abbildungen treten diese Grössenunterschiede nicht hervor.

2) Agardh, Spec. gen. et ord. Algarum p. 35.

3) Kützing, Species Algarum p. 462.

vorkommt[1]). Das Fehlen der Wurzelfäden scheint kein so gewichtiges Unterscheidungsmerkmal zu sein; ebenso ist der grössere Verzweigungswinkel nicht von solcher Wichtigkeit, um eine Trennung in 2 verschiedene Arten zu rechtfertigen[2]). Aehnliche Verschiedenheiten finden sich ja auch bei Stypocaulon scoparium (s. früher).

Phloiocaulon Squamulosum † [3]).

Die Pflanze, nach Agardh[4]) 15—18 Centimeter gross, erzeugt Lang- und Kurztriebe und eine grosse Anzahl dicht zu einer unächten parenchymatoidischen Rinde zusammentretender Wurzelfäden. Die Sporen sollen nach Meneghini[5]) denen von Cladostephus gleichen.

Die Langtriebe erzeugen Lang- und Kurztriebe. Letztere stehen zerstreut an der ganzen Längsausdehnung der Langtriebaxen, scheinbar büschelig gehäuft am fortwachsenden Ende; an älteren Partieen scheinen sie abfallen zu können, weshalb der Langtrieb an diesen Stellen ganz kahl erscheint. Die Kurztriebe verzweigen sich gewöhnlich nur einmal, seltener treten auch tertiäre Kurztriebe auf.

Aststellung. Die Verzweigung ist im Allgemeinen eine alternirend zweizeilige und spricht sich vorzüglich deutlich bei der Verzweigung der Kurztriebe aus; nie habe ich 2 auf einander folgende Aeste auf derselben Seite stehen sehen. Die Stellung der Langtriebe im Besonderen aber lässt sich auf kein Gesetz zurückführen. Die Verzweigung aller Axen findet ursprünglich zwar in ein und derselben Verticalebene statt, durch öfters eintretende nachträgliche Drehung der Kurztriebe um 90° sieht es dann aber bisweilen aus, als ob die Verzweigungsebene der letztern senkrecht auf der der Langtriebe stehe; eine Erscheinung, welche ich unter allen Sphacelarieen allein bei Phloiocaulon beobachtet habe.

Normal trägt jedes primäre Glied der sich verzweigenden Axe einen Ast, doch wird an den Kurztrieben bisweilen ein Glied übersprungen. Auch die Basalglieder der Lang- und Kurztriebe erzeugen in ihrer Achsel eine Astanlage, welche aber nicht zur Ausbildung

1) Vergl. Harvey, l. c.; — und Meneghini, l. c. p. 325.

2) Vergl. Meneghini, l. c. p. 322.

3) Der Name soll andeuten, dass hier die Wurzelfäden zu einer unächten parenchymatoidischen Rinde zusammenschmelzen, während sie bei dem nahe verwandten Stypocaulon als Wurzelfilz auftreten. — Das untersuchte Exemplar des Phloiocaulon squamulosum (Chaetopteris squamulosa Kütz.) stammte vom Cap der guten Hoffnung.

4) Agardh, l. c. p. 41.

5) Meneghini, l. c. p. 359.

kommt und an älteren Theilen kaum noch zu erkennen ist. Der erste zu vollständiger Ausbildung gelangende secundäre Kurztrieb steht constant nach aussen (Taf. XXXV. Fig. 9).

Wachsthum. Die Astanlagen entstehen in den Scheitelzellen der Langtriebe durch Abgrenzung einer seitlichen etwas unterhalb der Spitze befindlichen Ausbuchtung (Taf. XXXV. Fig. 9). Auf diese Basalscheidewand eines jeden Astes trifft nun, wie bei Stypocaulon und Halopteris, senkrecht eine primäre Querscheidewand (I auf Taf. XXXV. Fig. 9) auf; diese Querwände entstehen sofort nach Abgrenzung der Astanlage. Die primären Glieder theilen sich sehr bald durch Querwände (II auf Taf. XXXV. Fig. 9) in secundäre. Während aber bei Stypocaulon und Halopteris diese secundären Querwände den primären im Ganzen parallel verlaufen, wird hier jede primäre Querwand von je 2 geneigten secundären eingeschlossen. Letztere divergiren nach der Seite des Astes hin, auf der entgegengesetzten aber nähern sie sich einander. Doch ist diese Erscheinung nur an jüngeren Partieen der Pflanze, besonders den Langtrieben, deutlich. Die in der Achsel der Aeste sich bildenden und weiterer Entwicklung entbehrenden Astanlagen lehnen sich theils an die Hauptaxe, theils an den Ast an und entstehen schon, bevor der junge Ast durch eine Querwand die erste primäre Gliederzelle abgeschieden hat (Taf. XXXV. Fig. 9).

Theilung in den secundären Gliederzellen. Querschnitte durch ältere Partieen von Langtrieben boten fast ganz dasselbe Bild, wie bei Chaetopteris plumosa und Cladostephus (s. später [1])) und liessen bei genauerer Betrachtung eine innere und eine äussere, oft allerdings nicht scharf abgegrenzte, Partie (äussere Partie gleich unächter Rinde) erkennen. Doch konnte ich die Entwicklungsgeschichte durch die successiven Stadien wegen Mangel an passendem Material nicht verfolgen, zumal da gerade diese Pflanze bedeutende Schwierigkeiten für das Gelingen von Quer- und Längsschnitten darbot. Taf. XXXV. Fig. 10 zeigt die 3 Hauptwände und 2—3 primäre Randzellen, wiewohl letztere nicht immer ganz deutlich. Vergl. die Erklärung der Tafel.

Querdurchschnitte durch ältere Glieder von Kurztrieben zeigten fast immer eine primäre den Zellcylinder halbirende Hauptwand, ferner häufig auch die 2 damit sich kreuzenden secundären Hauptwände. Nicht selten war jedoch die Bildung der einen oder beider

1) Vergl. Agardh l. c. p. 40. — Kützing, Tab. Phyc. Bd. VI. Tab. 6. Querschnitt durch die Langtriebaxe von Chaetopteris squamulosa Kütz.

secundären Hauptwände unterblieben. Die Peripherie wurde von einer mehr oder weniger grossen Anzahl primärer Randzellen von verschiedener Grösse eingenommen, welche selbst wieder durch radial senkrechte Wände (tangentale habe ich nie gesehen) in 2—4, selten mehr Zellen höherer Ordnung zerfielen. Querschnitte durch höher gelegene Partieen von Kurztrieben (Taf. XXXV. Fig. 11—13) zeigten eine ungetheilte Centralzelle und eine Anzahl (meist 5) primärer Randzellen, welche durch radial senkrechte Wände wiederum in 2—4 Zellen geschieden wurden. Die Anlage der primären Randzellen schien dabei so vor sich zu gehen, dass sich an die erste primäre die folgenden abwechselnd rechts und links anlegten.

Wurzelfäden. Wenn auf Grund der grossen Aehnlichkeit der Rinde bei der vorliegenden Pflanze und bei Chaetopteris plumosa und Cladostephus (s. später) ein Analogieschluss gezogen werden darf auf die Entstehung der Rinde bei Phloiocaulon squamulosum, so dürften auch hier sämmtliche Randzellen der Langtriebe in Wurzelfäden auswachsen, und die parenchymatoidische Rinde durch inniges Zusammenschmelzen dieser entstehen.

Die Sporen stehen nach Meneghini[1]) in den Achseln der Kurztriebe und gleichen denen von Cladostephus.

B. Die Astanlage tritt als Ausbuchtung einer Gliederzelle auf.

Chaetopteris plumosa Kütz.[2])

Die Pflanze, welche eine Länge von 9—12 Centimeter[3]) erreichen kann, erzeugt ausser Lang- und Kurztrieben noch eine grosse Anzahl von Wurzelfäden, welche zu einer parenchymatoidischen Rinde zusammenschmelzen. Reproductive Organe sind mir nicht bekannt.

Die Langtriebe tragen Lang- und Kurztriebe; letztere bleiben meist einfach, selten tragen sie secundäre Kurztriebe, welche dann meist bloss an der mittlern und obern Partie des primären Kurztriebes auftreten.

Aststellung. Die Verzweigung ist im Allgemeinen eine opponirt zweizeilige und in der Stellung der Kurztriebe vorzüglich

1) Meneghini, l. c. p. 359.

2) Die untersuchten Exemplare waren im Kattegat und an der englischen Küste gesammelt.

3) Agardh. l. c. p. 41.

deutlich ausgeprägt, die Stellung der einzelnen Langtriebe hingegen ist eine sehr unbestimmte. Der Verzweigungswinkel ist c. 60°. Die älteren Kurztriebe sind nahezu gleich lang, nur die obersten jüngsten nehmen stufenweise an Länge ab, so dass der bezügliche Langtrieb nach der Spitze im Ganzen lanzettlich zugespitzt, auf der mittleren und unteren Partie aber gleich breit erscheint. Er ist dabei in seiner ganzen Länge, wo überhaupt Kurztriebe auftreten, kammförmig gefiedert. Doch findet man häufig, dass eines der oberen Glieder schon ziemlich ausgebildete Kurztriebe trägt, während das nächstuntere kaum die Kurztriebanlagen erkennen lässt; oder dass, während der eine Kurztrieb fast seine vollständige Länge erreicht hat, der diesem opponirte desselben Gliedes nur erst in der Anlage vorhanden ist [1]). Vergl. Taf. XXXVI. Fig. 1. Auch die secundären Kurztriebe sind normal opponirt.

Wachsthum. Die Pflanze wächst durch Scheitelwachsthum. Durch horizontale Querwände (I auf Taf. XXXVI. Fig. 1) grenzen sich die einzelnen primären Gliederzellen, welche jedoch bald in je 2 secundäre zerfallen, von der Scheitelzelle ab. Dabei ist das untere secundäre Glied meist ein wenig kürzer, als das zugehörige obere, welches letztere nahezu eben so breit als lang ist. Die Kurztriebe entstehen bei Chaetopteris plumosa jedoch nicht aus der Scheitelzelle, sondern aus der oberen secundären Gliederzelle der jüngern (oder jüngsten) primären Glieder durch seitliches Auswachsen und Abgrenzen durch eine Scheidewand (Taf. XXXVI. Fig. 1). Diese Scheidewand kommt zwischen die die obere secundäre Gliederzelle einschliessenden Querwände zu liegen, indem sie sich genau an die obere Querwand anlegt, aber, wie es gewöhnlich der Fall zu sein scheint, die untere Querwand nicht erreicht. Zwischen den Abgangsstellen zweier successiven Astpaare findet sich demnach je eine secundäre Gliederzelle, die untere [2]). Auf den Abbildungen von Harvey [3]) und Kützing [4]) trägt jedes Glied einen Ast, nicht so bei Lyngbye [5]), wo mit einer einzigen Ausnahme je das zweite Glied Aeste trägt. — In ganz analoger Weise verzweigen sich auch die primären Kurztriebe.

Theilung in den secundären Gliederzellen. Die primäre

---

1) Vergl. Meneghini, l. c. p. 351.

2) Vergl. Meneghini, l. c. p. 351.

3) Harvey, l. c. Plate LXXXVII.

4) Kützing, Tab. phyc. Bd. VI. Taf. 6.

5) Lyngbye, l. c. Taf. 30.

Hauptwand (A auf Taf. XXXVI. Fig. 2—5) liegt in der Verzweigungsebene und theilt, wie bei allen Sphacelarieen, den Zellcylinder in 2 Hälften; sie trifft in den beästeten Gliedern auf die Basalscheidewände der Aeste auf (Taf. XXXVI. Fig. 3). Die secundären Hauptwände (BB auf Taf. XXXVI. Fig. 2—5) theilen die Cylinderhälften in je 2 Quadranten, welche bisweilen ungleiche Grösse besitzen. Aus jedem Quadranten werden darauf 2, seltener 3 (letzteres auf Taf. XXXVI. Fig. 5 links, oben und unten) primäre Randzellen herausgeschnitten, welche durch tangental- und radialgestellte senkrechte Wände in ähnlicher, aber bei weitem nicht so constanter Weise, wie bei Stypocaulon, in Zellen höherer Ordnung differenzirt werden (Taf. XXXVI. Fig. 2—5). Auch die Centralzelle zerfällt später durch verticale Scheidewände in mehrere Zellen (Taf. XXXVI. Fig. 5).

Wurzelfäden. Aus jeder der Randzellen eines Cylinderquadranten und, wie es scheint, ohne Bevorzugung bestimmter Zellen können Wurzelfäden (Taf. XXXVI. Fig. 4) hervorbrechen, welche zu einer parenchymatoidischen Berindung zusammenschmelzen. Diese Wurzelfäden liegen auf dem Querschnitt in mehreren Reihen hinter einander (Taf. XXXVI. Fig. 5) und verdicken den Stamm auf eine nicht unbeträchtliche Weise, auf dem Längsschnitt aber verlaufen sie schief nach unten und aussen, während die Zellen des ursprünglichen Zellcylinders im Ganzen einen senkrechten Verlauf besitzen. Die Wurzelfäden theilen sich durch Querwände und, wiewohl selten, auch durch Längswände.

Sphacelaria Cirrhosa Ag.[1]).

Die Pflanze, welche im Habitus und in der Grösse bedeutend variirt[2]), besitzt Lang- und Kurztriebe (die beiden Thallomarten sind bei den Sphacelarien im engern Sinne nicht mehr scharf zu trennen), entbehrt der Haarbildungen und erzeugt nur sehr wenige Wurzelfäden. Ausserdem sind Keimfrüchte und Brutknospen bekannt.

Aststellung. Die Verzweigungserscheinungen sind bei Sphacelaria cirrhosa sehr mannigfaltiger Art[3]). Bald stehen die Aeste an den Langtrieben mit ziemlicher Regelmässigkeit in opponirter Stellung (in welcher Form die Pflanze zu mehrfachen Verwechslungen

1) Das untersuchte Exemplar war im Kattegat gesammelt.

2) Agardh, l. c. p. 35.

3) Vergl. Roth, Catalecta Bot. I. p. 188; II. p. 214; III. p. 294; — I. Taf. XXXVI. Fig. 5.

mit Chaetopteris plumosa[1]) Veranlassung gab, von welcher sie jedoch auf dem Querschnitt durch eine Langtriebaxe leicht zu unterscheiden ist), bald alterniren sie, bald auch folgen auf der einen Seite mehrere Aeste auf einander, während die andere der Zweigbildung gänzlich entbehrt, bald endlich finden sich die Aeste in ganz unbestimmter Weise an der Hauptachse vertheilt. Auch liegen sehr oft einzelne Aeste nicht genau in der allgemeinen Verzweigungsebene. Die Aeste des Haupttriebs sind, wenn sie ihre volle Grösse erlangt haben, nahezu gleich; gewöhnlich bleiben sie einfach, bisweilen jedoch verzweigen sie sich und tragen opponirte oder alternirende oder ohne besondere Regel gestellte secundäre Aeste. Meist trägt jedes primäre Glied an seinem obern secundären Glied einen Ast oder zwei, so dass zwischen den Abgangsstellen der successiven Aeste meist bloss ein secundäres Glied sich findet.

Die ersten Wachsthumsvorgänge stimmen vollständig mit dem von Chaetopteris plumosa überein. Die durch die secundären Querwände gebildeten secundären Glieder sind meist etwas länger als breit.

Theilung in den secundären Gliederzellen. Die primäre Hauptwand (A auf Taf. XXXVI. Fig. 19) liegt in der Verzweigungsebene und steht somit in Aeste tragenden Gliedern senkrecht auf der Basalscheidewand der Aeste. Unter rechtem Winkel setzen sich die secundären Hauptwände (BB) an die primäre an. Während aber bei den bisher besprochenen Arten der ganze Rand eines Quadranten von den sich später bildenden Randzellen eingenommen wurde, lassen die 2 gewöhnlich in jedem Cylinderquadranten auftretenden Randzellen einen Raum zwischen sich frei (Taf. XXXVI. Fig. 18[a] — 20), so dass sich hier die Centralzelle bis zur Peripherie des Quadranten erstreckt. Die erste primäre Randzelle jedes Quadranten lehnt sich auch hier, wie bei den übrigen Sphacelarieen, an eine der secundären Hauptwände, die zweite (deren Bildung bisweilen auch unterbleiben kann) dagegen fast constant an die primäre Hauptwand; nur einmal sah ich die zweite primäre Randzelle sich unmittelbar an die erste legen, so dass zwischen ihr und der primären Hauptwand der freie Theil der Quadrantenperipherie sich befand. Die Randzellen theilen sich öfters durch eine mehr oder weniger radial senkrechte Wand in 2 secundäre (Taf. XXXVI. Fig. 20), von welchen

1) Vergl. Agardh, l. c. p. 41.

die der Hauptwand abgewendete Zelle Wurzelfäden zu erzeugen vermag [1]).

Die Gliederzellen der sehr spärlich vorhandenen Wurzelfäden (Taf. XXXVI. Fig. 18^b u. 20) theilen sich eben so durch verticale Scheidewände in 4 Cylinderquadranten; in jedem von diesen kann noch eine Randzelle abgeschnitten werden, welche sich bald an die primäre, bald an die secundäre Hauptwand anlegt.

Keimfrüchte. Dieselben sind kurzgestielte Organe und finden sich seitlich an den Kurztrieben befestigt [2]). Die Form dieser Keimfrüchte war an dem von mir untersuchten Exemplar im Ganzen länglich oval; nach Meneghini [3]) ändert die Gestalt von der Kugelform bis zur elliptischen. Im reifen Zustand zeigen diese Früchte eine Menge kleiner in Reihen oder strahlig angeordneter viereckiger Zellchen mit abgerundeten Ecken und gleichen so ungemein den ausgebildeten Keimfrüchten von Ectocarpus. Der Stiel der Keimfrucht besteht meist aus bloss einer Zelle. Meneghini [4]) giebt zwar an, dass in seltenen Fällen der Stiel aus 3—4 Gliedern bestehen könne; doch hahe ich nur einmal einen zweigliedrigen Stiel gesehen, alle übrigen Stiele waren nur eingliedrig, wurden aber später durch eine Längswand in 2 Zellen zerfällt (Taf. XXXVI. Fig. 21. d. e). Die junge Keimfrucht besteht zuerst aus einer rundlichen oder ovalen vom Stiel sich abgrenzenden Zelle, welche bald durch eine horizontale Querwand (I auf Taf. XXXVI. Fig. 21. e) in 2 Hälften getheilt wird (vergl. Taf. XXXVI. Fig. 21. a—e); in jeder Hälfte wiederholt sich derselbe Process noch einmal, so dass jetzt 4 Zellen vorhanden sind, von welchen die oben abgerundete Endzelle meist etwas grösser ist. Der immer dichter und undurchsichtiger werdende Inhalt lässt jedoch die weiteren Theilungen nicht mit Sicherheit verfolgen. Zuletzt fanden sich eine Menge kleiner würfelförmiger Zellchen in 12 Querreihen (je 4 Reihen einer der 3 untern Zellen der in 4 Zellen zerfallenen Keimfrucht entsprechend) und am obern Ende eine Anzahl ähnlicher Zellen in Strahlen nach der Peripherie auslaufend (welche zweifelsohne sich aus der obersten abgerundeten Zelle der 4 ersten Keimfruchtzellen gebildet hatten).

Brutknospen. Diese finden sich häufig und zwar meist auf

---

1) Doch können auch aus der ungetheilten primären Randzelle Wurzelfäden hervorbrechen (Taf. XXXVI. Fig. 18 b).

2) Vergl. Kützing, Tab. phyc. Bd. V. Tab. 88. II.

3) Meneghini, l. c. p. 334.

4) Meneghini, l. c. p. 335.

besonderen Exemplaren. An einem Aestchen bilden sich 2—4, meist 3, keulige mit dunklem körnigem Inhalt erfüllte Anschwellungen, welche sich später in Zellreihen verwandeln[1]). Dieser ganze Apparat trennt sich später von der Mutterpflanze und treibt nach Agardh[2]) da, wo die Zellreihen an einander stossen, eine wasserhelle, gegliederte, haarförmige (vielleicht auch bloss als Haarbildung zu betrachtende) Wurzel. Ein Analogon für diese Bildungen bieten die von Montagne[3]) beschriebenen und abgebildeten Brutknospen der Chara stelligera und anderer Charaarten. Auch Agardh[4]) und Meneghini[5]) vergleichen diese Gebilde mit den Bulbillen der höheren Pflanzen.

Sphacelaria Tribuloides Menegh.[6]).

Die Pflanze, welche gewöhnlich 1—1½ Centimeter gross[7]) ist, zeigt ausser den Thallomen (ein Unterschied zwischen Lang- und Kurztrieben ist hier nicht zu machen) noch Haarbildungen und ist durch Wurzelfäden an die Unterlage befestigt. Von Fortpflanzungsorganen sind Antheridien und Brutknospen bekannt.

Aststellung. Die Verzweigung ist im höchsten Grade unbestimmt; bald alterniren die Aeste, bald stehen deren auf der einen Seite mehrere über einander, während auf der andern die Astbildung gänzlich mangelt, bald stehen sie einzeln an der Axe zerstreut, nie aber sind sie opponirt. Eben so ist die Zahl der Glieder eines Internodiums sehr schwankend, indem bisweilen von 2 auf einander folgenden primären Gliedern jedes einen Ast trägt, bei weitem häufiger jedoch eine mehr oder minder grosse Anzahl Glieder zwischen den 2 successiven Aesten zu liegen kommt.

Die ersten Wachsthumserscheinungen stimmen mit denen der vorhergehenden Art vollkommen überein. Die Aeste werden auch hier je an den obern secundären Gliedern angelegt. Die secundären Glieder sind etwa 1½ so lang als breit.

Die Theilung in den secundären Gliederzellen be-

1) Vergl. Bischoff, Handbuch der Bot. Terminologie Tab. 66. Fig. 3241. — Kützing, Tab. phyc. Bd V. Tab. 88. II. — Meneghini, l. c. p. 334.

2) Agardh, Annal. des Scienc. Natur. II Série, Tome 6. p. 110. Pl. 15. — Vergl. Montagne, Annal. d. Sc. Nat. III Sér. Tome 18. p. 81.

3) Montagne, l. c. Pl. 2.

4) Agardh, Annal. d. Sc. Nat. II. 6. p. 110.

5) Meneghini, l. c. p. 314.

6) Das untersuchte Exemplar stammte vom Mare piano bei Sorato.

7) Meneghini, l. c. p. 337.

schränkt sich auf die Bildung der 4 Cylinderquadranten und Ausschneiden einer einzigen etwa die Hälfte der Peripherie eines Quadranten einnehmenden Randzelle aus jedem von diesen. Dabei scheinen sich die einzelnen Randzellen eines Quadranten ziemlich constant entweder bloss rechts oder bloss links an die betreffenden Hauptwände anzulehnen (Taf. XXXVI. Fig. 12).

Haarbildungen. Die aus der Scheitelzelle entstehenden Haare sind gegliederte wasserhelle Zellfäden. Sie finden sich häufig unmittelbar über einem Ast oder einer Brutknospe (Taf. XXXVI. Fig. 15), häufig stehen sie aber auch vollständig isolirt an der Axe zerstreut. In Hinsicht auf ihre gegenseitige Lage alterniren sie entweder oder es liegen auch auf ein und derselben Seite mehrere über einander, nie finden sich 2 Haare an einem Gliede. Bald sind die Haare einander genähert, bald weit auseinander gerückt, indem mehrere der Haare entbehrenden primären Glieder zwischen 2 successiven Haarbildungen liegen. Die Haare entstehen, wie die Aeste bei Stypocaulon, Halopteris und Phloiocaulon durch seitliches Auswachsen der Scheitelzelle und Abgrenzen der Ausbuchtung mittelst einer Scheidewand. Auf diese Basalscheidewand des Haares trifft daher auch die das betreffende primäre Glied des Astes von der Scheitelzelle abtrennende Querwand senkrecht auf (Taf. XXXVI. Fig. 13, 14). Ursprünglich einzellig verwandeln sich später die Haare in Zellreihen. Sie zeigen ein nachträgliches, jedoch sich bloss auf die obern Zellglieder beschränkendes Längenwachsthum; sie sind sehr hinfälliger Natur.

Wurzelfäden befestigen die Pflanze an die Unterlage; sie scheinen eine Verlängerung der 4 Cylinderquadranten des untersten Gliedes zu sein, da sie (ob immer?) zu 4 aus der Basis der Axe hervorbrechen.

Antheridien. Diese wurden 1853 von Pringsheim[1]) entdeckt. In den Sphacelen der Aeste bilden sich nach demselben eine oder mehrere grosse Zellen, die jungen Antheridien. Ihr früher braun gefärbter Inhalt erblasst nach und nach und erscheint als undeutlich organisirte in einzelne rundliche Körperchen zerfallene körnige Schleimmasse. Plötzlich wächst nun die Membran des Antheridiums in einen röhrenförmigen Fortsatz aus, der die Wand der Sphacela durchbricht und sich an der Spitze öffnet. Der Inhalt des An-

1) Pringsheim, über Befruchtung und Keimung der Algen. Abdruck aus dem Monatsbericht der Academ. der Wissensch. p. 21 u. f.; — Bot. Zeit. 1855 p. 390 — Bot. Zeit. 1857; — Annal. d. Sc. Nat. IV. 3. p. 377.

theridiums zeigt eine drängende und wimmelnde Bewegung und tritt zum grössten Theil durch die Röhre heraus in Gestalt kleiner, farbloser, vollständig von einander isolirter, mit 2 Cilien versehener Körperchen, den Spermatozoiden, welche sich mit grosser Schnelligkeit nach allen Richtungen bewegen [1]). Die Bewegung dieser Körperchen erhielt sich bei den in den Antheridien zurückbleibenden Spermatozoiden länger als eine Stunde.

Pringsheim [2]) hält ferner für Sphacelaria tribuloides eine Vermehrung durch in den Gliederzellen sich bildende Zoosporen für wahrscheinlich.

Brutknospen. Die Form der Brutknospen ist anfangs keulenförmig, später sind sie bloss noch auf der Seitenansicht keulenförmig (Taf. XXXVI. Fig. 17), auf der Vorderansicht aber keilförmig (Taf. XXXVI. Fig. 16). Sie tragen 3 in fast gerader Linie stehende Hörnchen. Die Brutknospen entstehen, wie die Aeste, aus dem obern secundären Glied der primären Gliederzelle. Die junge noch keulenförmige Brutknospe (Taf. XXXVI. Fig. 15) besteht aus 3 Zellen (a, b u. c). Die untere (a) ist die später durch Querwände in meist 3—4 Glieder [3]) zerfallende Stielzelle; die mittlere (b) bildet den unteren Theil der eigentlichen Brutknospe und wird, wie es scheint, durch sich in der Mitte der Zelle kreuzende verticale Scheidewände (auf Taf. XXXVI. Fig. 16 liegt die eine dieser Wände in der Ebene des Papiers) in 4 Zellen zerfällt; die dritte, grösste, ursprünglich oberhalb abgerundete Zelle (c) bildet den obern Theil der Brutknospe und erleidet die grössten Veränderungen. An 3 bestimmten Stellen wächst diese oberste Zelle in hornartige Vorsprünge aus, welche sich durch Scheidewände von der Hauptzelle abgrenzen und von denen sich jedes Horn, wenigstens die beiden seitlichen grösseren, ohne Zweifel wieder durch Querwände gliedern kann. Doch bestehen auch späterhin die Hörner (d. h. die seitlichen) meist aus bloss 2 Zellen. Der Rest der obersten Hauptzelle der Brutknospe scheint sich durch in der Mitte senkrecht auf einander treffende verticale Scheidewände (die eine dieser Wände liegt auf Taf. XXXVI. Fig. 16 in der Ebene des Papiers, vergl. Fig. 17) in 4 Zellen zu differenziren und in jeder von diesen kann darauf wieder eine Querwand auftreten (Taf. XXXVI. Fig. 16). Vier Hörner, wie Meneghini [4]) angiebt, habe ich nicht

---

1) Pringsheim, üb. Befrucht. und Keim. d. Alg. Fig. 25.

2) Pringsheim, l. c. p. 23.

3) Meneghini, l. c. p. 337.

4) Meneghini, l. c. p. 337.

gesehen, ebenso finden sich bei Kützing[1]) an den ausgebildeten Brutknospen constant nur 3 Hörner. Die Brutknospen fallen später ab und vermögen sich nach Meneghini[2]) zu neuen Pflanzen zu entwickeln.

Sphacelaria Pennata Kütz.[3]).

Die von Kützing[4]) abgebildete Art zeigt, ausser der Thallombildung, spärliche Haare, Sporen und Brutknospen.

Aststellung. Die Verzweigung ist bald opponirt, bald alternirend, bald folgen sich mehrere Aeste auf ein und derselben Seite; doch überwiegt die opponirte Aststellung. Die Aeste weichen ausserdem in Hinsicht auf ihre Stellung an der Hauptaxe häufig von der allgemeinen Verzweigungsebene ab. Die Internodien zählen meist 1, bisweilen 2 oder mehr primäre Glieder (d. h. inclusive des Knotengliedes).

Das Wachsthum stimmt in den meisten Erscheinungen mit dem der übrigen Sphacelarieen überein. Die Aeste werden an den obern secundären Gliederzellen der primären Glieder angelegt (Taf. XXXVI. Fig. 6). Die secundären Glieder sind so lang als breit; der Durchmesser durch die Hauptaxe beträgt im Mittel 70—80 mikrom.

Die Theilung in den secundären Gliederzellen gleicht in den Hauptsachen der der übrigen Sphacelarieen, doch treten in den Randzellen nicht selten mehr Scheidewände, als bei Sphacelaria tribuloides und Sphacel. cirrhosa auf (Taf. XXXVI. Fig. 9—11). Diese Scheidewände, ausschliesslich Längswände, zeigen sich meist in dem untern secundären Glied zuerst. Bisweilen tritt jedoch diese Scheidewandbildung früher in dem obern secundären, als in dem zugehörigen untern Gliede auf, ja in seltenen Fällen werden sogar mehrere Glieder übersprungen (Taf. XXXVI. Fig. 8).

Die spärlichen Haarbildungen. (vergl. Sphacelaria tribuloides) treten, im Gegensatz zu den Astanlagen, als Ausbuchtungen der Scheitelzelle hervor (Taf. XXXVI. Fig. 7 u. 8; Fig. 8 zeigt ein altes oben schon abgebrochenes Haar, auf seine Basalscheidewand trifft eine primäre Wand der Axe senkrecht auf).

---

1) Kützing, Tab. phyc. Bd. V. Tab. 89. II. — Vergl. Kützing, Spec. Alg. p. 464.

2) Meneghini, l. c. p. 337 u. 338.

3) Eine auf Cladostephus verticillatus lebende, von Nizza stammende Sphacelaria ziehe ich zu dieser Art.

4) Kützing, Tab. phyc. Bd. V. Taf. 91. II.

Die ovale gestielte Spore, sowie die denjenigen von Sphacelaria cirrhosa sehr ähnlichen Brutknospen hat Kützing[1]) abgebildet.

Cladostephus Verticillatus Ag.[2]).

Die Pflanze erreicht nach Agardh[3]) eine Länge von 6—18 Centimeter und besitzt ausser Lang- und Kurztrieben Haarbildungen und zu unächter parenchymatoidischer Berindung zusammenschmelzende Wurzelfäden. Von reproductiven Organen sind Sporen bekannt.

Die Langtriebe erreichen eine bedeutende Länge und sind ziemlich dick; die Kurztriebe dagegen, welche sich sehr bald begrenzen[4]), sind bedeutend schmäler[5]). Die Kurztriebe haben eine etwas keulige Form, sind nach oben und unten hin verschmälert und etwas nach der Axe hin gebogen, so dass die convexe Seite nach aussen schaut.

Aststellung. Lang- und Kurztriebe verzweigen sich. Die Aeste der Langtriebe stehen in Wirteln und zwar bloss an dem oberen secundären Gliede eines primären Gliedes (Taf. XXXVI. Fig. 24); doch stehen dabei die einzelnen Aeste nicht vollständig genau auf derselben Höhe. Die Zahl der Glieder eines Wirtels war bei dem von mir untersuchten Exemplar nicht 10, wie Agardh[6]) angiebt, sondern 24 (ob immer?). Die Stellung der Langtriebe ist sehr unbestimmt. In ein und demselben Wirtel kann sich bloss ein Ast zu einem Langtrieb entwickeln, doch bildet sich bei weitem nicht in allen Wirteln ein Ast zu einem Langtrieb aus[7]). Alle übrigen Aeste eines Wirtels entwickeln sich zu Kurztrieben. An diesen stehen die secundären Kurztriebe constant auf der äusseren Seite[8]). Vergl. Taf. XXXVI. Fig. 25 nebst Erläuterung.

1) Kützing, l. c.

2) Die der Untersuchung dienenden (Weingeist-) Exemplare stammten von Nizza und von Nisita.

3) Agardh, spec. gen. und ord. Algar. p. 44.

4) Die Länge eines ausgewachsenen primären Kurztriebes kann 1100 oder etwas mehr mikrom. betragen.

5) Die Breite eines primären Kurztriebes betrug an der Basis 23,8 mikrom., weiter oben an der dicksten Partie 41 mikrom.

6) Agardh, l. c. p. 44.

7) Nach Decaisne, Ann. d. Sc. Nat. II Sér. Tome 17 p. 374, soll in gewissen Fällen in der Endzelle statt der Querwand eine Längswand auftreten, welche von der Spitze der Endzelle nach der nächst untern Querwand verlaufend die Endzelle halbirt und so die Anlage zu einer Gabeltheilung der Axe bildet.

8) Vergl. Agardh, l. c. p. 43. — Meneghini, l. c. p. 361. — Kützing, Tab. Phyc. Bd. VI. Taf. 9. I.

Wachsthum. Die Wirteläste der Langtriebe entstehen durch seitliches Auswachsen einer oberen secundären Gliederzelle und Abgrenzen dieses Auswuchses vermittelst einer Scheidewand. Doch findet diese Astbildung meist erst in dem 7ten oder 8ten unteren primären Gliede, selten in einem höhergelegenen statt. Da die Aeste durch Auswachsen einer Gliederzelle entstehen, so treffen die primären Querwände (I auf Taf. XXXVI. Fig. 22—24) der Axe auch nie senkrecht auf die Basalscheidewände der Aeste auf. Die primären Gliederzellen der Langtriebe zerfallen sehr bald durch Querwände (II auf Taf. XXXVI. Fig. 22—24) in je 2 secundäre, doch scheint bisweilen schon Längstheilung in einem primären Gliede eintreten zu können, bevor die secundäre Querwand aufgetreten ist[1]) (Taf. XXXVI. Fig. 23).

Während die Aeste der Langtriebe aus Gliederzellen entspringen, nimmt die Astbildung am Kurztrieb in der Scheitelzelle ihren Ursprung und treffen daher hier die primären Scheidewände (I) der Hauptaxe senkrecht auf die Basalscheidewand der Aeste (Taf. XXXVI. Fig. 25) auf. Auch an den Kurztrieben zerfallen die primären Glieder sehr bald in secundäre.

Die Theilung in den secundären Gliederzellen stimmt hinsichtlich der Langtriebe am meisten mit der von Halopteris filicina überein. Wie dort nehmen ursprünglich je 2, selten 3 primäre Randzellen in jedem Quadranten die Peripherie des Zellcylinders ein. Später aber finden bei Cladostephus sowohl in den primären Randzellen als in den Centralzellen meist noch häufigere und regelmässigere Theilungen statt, als bei Halopteris (Taf. XXXVI. Fig. 26 u. 27). Die Centralzellen eines secundären Gliedes vermehren sich hierbei, wie es scheint, bloss durch Längswandbildung, die Randzellen dagegen theilen sich auch durch Querwände in 2—4 über einander stehende Zellen. In Folge davon zerfällt das Gewebe der Langtriebe in 2 differente Partieen, eine langzellige Centralzellenpartie und in eine kurzzellige Randzellenpartie.

Die Kurztriebe zeigen auf dem Querschnitt eine ungetheilte Centralzelle, umgeben von 4—5 primären Randzellen, in denen wiederum 1—3 radial senkrechte Scheidewände auftreten können. Doch sind häufig die ursprünglichen Randzellen nicht mehr zu erkennen (Taf. XXXVI. Fig. 28).

---

1) Die Zelltheilungen werden nach Nägeli (Schleiden und Nägeli, Zeitschr. f. wissensch. Bot. Heft I. p. 75) durch Zellkerne vermittelt. Vergl. das bei Stypocaulon Bemerkte.

Haarbildungen. Die Haare stehen zu mehreren in den Achseln der secundären Kurztriebe (Taf. XXXVI. Fig. 25); sie sind gegliederte, wasserhelle Zellfäden. Ihre Entwicklungsgeschichte stimmt mit der Bildung der Haare bei Stypocaulon überein. Sie scheinen sich durch fast simultane Verzweigung der ursprünglich einzelligen Haaranlage zu vermehren. Sie zeigen ein secundäres, von der Spitze nach der Basis fortschreitendes, letztere aber nicht erreichendes Längenwachsthum, weshalb die einzelnen Haarzellen hinsichtlich der Länge bedeutend variiren [1]).

Wurzelfäden bilden sich nur an Langtrieben und ohne Ausnahme nach Entstehung der Wirteläste. Sie scheinen aus jeder beliebigen Randzelle durch Auswachsen derselben (Taf. XXXVI. Fig 29 nebst Erläuterung) entstehen zu können und schliessen schief nach unten und aussen laufend zu einer parenchymatoidischen, aussen glatten, unächten Rinde zusammen, überwallen dabei die Basis der Wirteläste und verdicken die Hauptaxe sehr bedeutend.

Bei 2 primären Gliedern, A u. B, deren Centralzellenpartie (s. früher) aus je 16 (je 8 neben, je 2 über einander) liegenden Zellen bestand, während in der Randzellenpartie erst 4 Zellen über einander auftraten, betrug auf dem durch die Mitte geführten Längsschnitt:

	A.	B.
Die Länge des ganzen primären Gliedes .	354 mikrom.	531 mikrom.
Die Breite der Centralzellenpartie . . .	159 „	177 „
Die Breite der Centralzellenpartie + Randzellenpartie	212 „	248 „
Die Breite der Centralzellenpartie + Randzellenpartie + unächter Rinde, d. h. die Breite des ganzen Gliedes . . .	460 „	531 „
folglich die Dicke des aus der unächten Rinde gebildeten Cylindermantels . .	119 „	141,5 „.

Die Dicke der unächten Rinde betrug also schon auf diesem verhältnissmässig noch jugendlichen Stadium durchschnittlich bereits $^3/_5$ des Querdurchmessers. Die unächte Rinde lässt später ebenfalls 2 Schichten erkennen, eine grosszellige innere und eine kleinzellige äussere. Das Gewebe der Rinde ist scharf von den sie durchsetzenden Aesten geschieden. Die einzelnen Wurzelfäden theilen sich durch Querwände.

---

1) Die Zellen der Haare sind meist mehrmal, 3—10mal, so lang, als dick. Die Dicke wechselte zwischen 10—17, die Länge aber zwischen 34—103 mikrom.

Die Sporen sind nach Meneghini[1]) ellipsoidisch und gestielt, der Stiel mehr oder weniger lang. Ihre Stellung an den Kurztrieben ist unbestimmt, bald sind sie einzeln, bald gegenständig, bald in Spiralen angeordnet.

Cladostephus Spongiosus Ag.[2]).

Die Pflanze, welche nach Agardh[3]) 6—9 Centimeter gross ist, steht der vorigen Art ungemein nah. Sie erzeugt Lang- und Kurztriebe, entbehrt aber der Haarbildungen; die Wurzelfäden schliessen, wie bei Clad. verticillatus, zu unächter Berindung zusammen. Von Reproductionsorganen sind Antheridien und Sporen bekannt. Die Pflanze ist etwas rigider, als die vorige.

Aststellung. Die Aeste entspringen in Wirteln an der Hauptaxe, die einzelnen Wirtel liegen sehr nah über einander. Die Zahl der Wirtelglieder scheint gewöhnlich 24 zu sein. Nur sehr wenige Aeste, und in jedem Wirtel höchstens einer, entwickeln sich zu Langtrieben, alle übrigen bilden sich zu Kurztrieben aus. Letztere sind nicht verzweigt, ausgenommen bei der Sporenbildung.

Der Querschnitt durch die Axe eines Langstriebs bietet im Ganzen dasselbe Bild, wie bei Cladostephus verticillatus, nur ist die Partie der unächten Rinde nicht so breit und die Membran der parenchymatoidisch zusammenschliessenden Rindenzellen etwas stärker verdickt. Der Querschnitt zeigt 4 noch schärfer, als bei Cladostephus verticillatus geschiedene Gewebspartieen: 1) eine innere Stammschicht, die aus langgestreckten Zellen bestehende Centralzellenschicht; 2) eine äussere Stammschicht, die aus parenchymatoidischen Zellen gebildete, nach aussen in die innere unächte Rindenschicht übergehende Randzellenschicht; 3) eine innere unächte Rinde, welche aus grösseren, farblosen, parenchymatoidischen Rindenzellen gebildet ist; 4) eine äussere unächte Rinde, welche aus kleineren, mehr oder weniger intensiv braun gefärbten, parenchymatoidischen Rindenzellen besteht.

Ein Querschnitt durch einen Kurztrieb (Taf. XXXVI. Fig. 32, 33) zeigt eine ungetheilte Centralzelle, umgeben von 4—5 primären Rand-

---

1) Meneghini, l. c. p. 341 u. f. (unter Sphacelaria Bertiana de Not.). Agardh (l. c. p. 40) erklärt nämlich die Sphacelaria Bertiana de Notaris für die Sporen tragenden Aeste des Cladostephus verticillatus. Die Beschreibung, welche Meneghini von den Sporen der Sphacelaria Bertiana in dem angeführten Werke giebt, würde demgemäss hierher zu ziehen sein.

2) Das untersuchte Exemplar stammte von der englischen Küste.

3) Agardh, l. c. p. 43.

zellen, in deren jeder 1—3 radial senkrechte Scheidewände auftreten können. — Die Randzellen der Lang- und Kurztriebe können sich durch Querwände theilen (Taf. XXXVI. Fig. 31).

Antheridien wurden 1854 von Pringsheim entdeckt und stimmen nach demselben[1]) mit denjenigen von Sphacelaria tribuloides überein.

Die eiförmigen Sporen stehen in Wirteln oder auch vereinzelt (Taf. XXXVI. Fig. 30 u. 31) an den oberen secundären Gliedern der Kurztriebe; nur ausnahmsweise scheinen sie auch an den unteren secundären Gliedern vorkommen zu können. Sie entstehen durch Auswachsen einer peripherischen Gewebezelle und sind meist gestielt; der Stiel besteht meist aus 1, 2, 3, seltener 4 Zellen[2]).

II. Allgemeine Vergleichung der untersuchten Gattungen.

Die Sphacelarieen, die nächsten Verwandten der Ectocarpeen, bilden eine höchst natürliche und abgeschlossene Gruppe. Lyngbye[3]) unterschied 1819 die Gattungen Sphacelaria Lyngb. und Cladostephus Ag. und vereinigte sie mit Lomentaria, Hutchinsia und Ceramium in seiner Sectio III: Stereogonata. Harvey[4]) 1841 unterscheidet ebenfalls diese 2 Gattungen, vereinigt aber mit ihnen Ectocarpus Lyngb. und Myriotrichia Harv. J. G. Agardh[5]) 1842 und ebenso Meneghini[6]) trennt die Gattungen Sphacelaria und Cladostephus von den übrigen, dagegen vereinigt Decaisne[7]) 1842 und ebenso Endlicher[8]) Myriotrichia mit ihnen. Kützing[9]) stellt 1843 die Gattungen Sphacelaria, Halopteris, Stypocaulon, Chaetopteris und Cladostephus auf und vereinigt mit ihnen noch die Gattung Ballia. Nägeli[10]) 1847 vereinigt Sphacelaria und Cladostephus mit Myriotrichia Harv., Elachista Fries, Leathesia Gray, Mesogloca Ag., Chor-

1) Pringsheim, l. c. p. 23. — Annal. d. Sc. Nat. IV. 3. p. 377.

2) Vergl. Kützing, Tab. Phyc. Bd. VI. Tab. 7. II.

3) Lyngbye, Hydrophyt. Dan. p. 102 u. f.

4) Harvey, A manual of the British Algae.

5) Agardh, Algae maris mediterr. und adriat.

6) Meneghini, l. c. p. 313. u. f.

7) Decaisne, Ann. d. Sc. Nat. II Sér. Tome XVII. p. 329.

8) Endlicher, Mantissa Bot. alt.

9) Kützing, Phyc. gener. p. 291 u. f.

10) Nägeli, Neuere Algensyst. p. 146.

daria Ag., Stilophora J. Ag., Scytosiphon Ag., Cutleria Grev. und anderen in der Gruppe der Stilophoreen. Aehnlich stellt auch Thuret[1]) 1855 dieselben in die Nähe von Stilophora. G. Agardh[2]) erkennt 1848 bloss die Gattungen Sphacelaria Lyngb., Cladostephus Ag., und Chaetopteris Kütz. als berechtigt an.

Die Spacelarieen bilden einen gegliederten, verzweigten Zellkörper mit cylindrischen Axen. Diese Axen können entweder eine unbegrenzte Entwicklungsfähigkeit besitzen (Langtriebe) oder es kann dieselbe begrenzt sein (bei den Kurztrieben). Die Langtriebe erzeugen Lang- und Kurztriebe. Letztere sind entweder einfach: bei Chaetopteris (gewöhnlich), Sphacelaria und Cladostephus spongiosus (ausgenommen die sporentragenden Kurztriebe), oder sie verzweigen sich und zwar einmal: bei Phloiocaulon, Chaetopteris (selten) und Cladostephus verticillatus; oder 2—3mal: bei Stypocaulon und Halopteris, selten bei Phloiocaulon. Die Stellung der Langtriebe ist bei allen Arten ziemlich unbestimmt, indem sich bald dieser, bald jener Ast zu einem Langtrieb entwickelt. Dagegen ist die Stellung der Aeste im Allgemeinen und im Besonderen die der Kurztriebe meist constanten Gesetzen unterworfen. Die Aststellung ist eine opponirte bei Chaetopteris, eine alternirende bei Stypocaulon, Halopteris und Phloiocaulon, eine mehr oder weniger unbestimmte bei Sphacelaria, eine einseitige, der Hauptaxe abgewendete, an den Kurztrieben von Cladostephus verticillatus, eine wirtelförmige bei den an den Langtrieben befindlichen Aesten von Cladostephus. Der erste secundäre Kurztrieb kann entweder nach innen gerichtet sein, wie bei Stypocaulon scoparium (gewöhnlich) und Halopteris (bei letzterem sind die 2 ersten secundären Kurztriebe nach innen gerichtet), oder der erste secundäre Kurztrieb findet sich auf der äusseren Seite, wie bei Phloiocaulon, Stypocaulon Mülleri (gewöhnlich) und an den Kurztrieben von Cladostephus verticillatus. Die Internodien bestehen meist aus einer bestimmten Anzahl primärer Glieder. Ein primäres Glied findet sich bei Halopteris, Phloiocaulon, Chaetopteris und gewöhnlich auch bei Cladostephus, mehrere kommen vor bei Stypocaulon und zwar 2 bei Stypocaulon scoparium, 5 bei Stypocaulon Mülleri; oder die Zahl der primären Glieder eines Internodiums ist höchst schwankend (Sphacelaria). Der Verzweigungswinkel ist meist ein mehr oder weniger spitzer, nur bei Halopteris filicina β, Sertularia ist er ein Rechter. Die Langtriebe verzweigen sich nach allen Richtungen (Cladostephus) oder

1) Thuret, Ann. d. Sc. Nat. IV Sér. Tome 3. p. 14.

2) Agardh, Spec. gen. et ord. Algar.

in einer Verticalebene (bei den übrigen Sphacelarieen); alle sich verzweigenden Kurztriebe tragen die Aeste in einer Verticalebene.

Das Wachsthum der Sphacelarieen ist ein Scheitelwachsthum. Je nachdem die Astanlagen als Ausbuchtungen der Scheitelzellen oder erst später als Ausbuchtungen von Gliederzellen auftreten, zerfallen die Sphacelarieen in 2 grosse Gruppen. Der ersten gehört Stypocaulon, Halopteris und Phloiocaulon, der zweiten Chaetopteris, Sphacelaria und Cladostephus an. Letztere Gattung vermittelt gewissermaassen den Uebergang zwischen diesen 2 Gruppen, indem die Astwirtel zwar an Gliederzellen, die secundären Kurztriebe dagegen an den Scheitelzellen angelegt werden. Auch bei Sphacelaria tribuloides und Sphac. pennata tritt die Anlage zu den Haarbildungen im Gegensatz zu der Astbildung als Ausbuchtung einer Scheitelzelle auf. Die von der Scheitelzelle abgeschnittenen primären Gliederzellen zerfallen bei allen Sphacelarieen durch Querwandbildung sehr bald in 2 secundäre.

Bei allen Sphacelarieen tritt in den secundären Gliederzellen eine halbirende primäre Hauptwand auf und jede Cylinderhälfte wird wieder durch je eine secundäre Hauptwand in 2 Cylinderquadranten getheilt.

Betreffend die späteren Verticaltheilungen in den secundären Gliederzellen aber lassen sich die Sphacelarieen wieder in 2 Gruppen scheiden. Bei der ersten wird die ganze Peripherie des Zellcylinders (auf dem Querschnitt) von den Randzellen eingenommen; und zwar finden sich hier entweder 3 primäre Randzellen in jedem Quadranten (Stypocaulon) oder nur 2 (Halopteris, ? Phloiocaulon, Chaetopteris, Cladostephus). Bei der 2ten Gruppe wird der mittlere Theil der Peripherie von den 2 in jedem Quadranten entstehenden primären Randzellen frei gelassen (Sphacelaria).

Haarbildungen finden sich bei Stypocaulon und Cladostephus zu mehreren neben einander, einzeln bei einigen Sphacelaria-Arten; den übrigen Sphacelarieen fehlen sie gänzlich.

Die Wurzelfäden stehen (wenn überhaupt solche gebildet werden) entweder vereinzelt (bei einigen Sphacelaria-Arten), oder sie überziehen die älteren Partieen der Langtriebe mit einem mehr oder weniger dichten Filz (bei Stypocaulon und Halopteris filicina α), oder sie schmelzen endlich zu einer unächten parenchymatoidischen Berindung zusammen (Chaetopteris, Phloiocaulon und Cladostephus). Bei den letzten 3 Gattungen können aus allen Randzellen Wurzelfäden hervorbrechen, während bei Stypocaulon und Halopteris nur ganz bestimmte dazu befähigt sind.

Antheridien sind bloss bei Sphacelaria und Cladostephus bekannt, Sporen bei Stypocaulon, Phloiocaulon, Sphacelaria und Cladostephus, Keimfrüchte bei Halopteris und Sphacelaria, Brutknospen bei Sphacelaria.

Danach ergiebt sich folgende Uebersicht:

A. Die Astanlage tritt als Ausbuchtung der Scheitelzelle auf. Aststellung alternirend.
  α) Wurzelfäden umgeben den Stamm in Form eines Filzes oder fehlen gänzlich. Kurztriebe mehrmals verzweigt.
    1) Internodium aus mehr, als einem primären Gliede bestehend; 3 primäre Randzellen in jedem Quadranten; Haarbildungen. — **Stypocaulon** Kütz.
    2) Internodium aus einem primären Gliede bestehend; 2 primäre Randzellen in einem Quadranten; keine Haarbildungen. — **Halopteris** Kütz.
  β) Wurzelfäden schliessen zu unächter parenchymatoidischer Berindung zusammen; Kurztriebe meist nur einmal verzweigt. — **Phloiocaulon.** †

B. Die Astanlagen treten als Ausbuchtungen von Gliederzellen auf. Aststellung wirtelförmig, opponirt oder mehr oder weniger unbestimmt.
  α) Wurzelfäden einzeln oder fehlend. Die 2 primären Randzellen lassen ein Stück des Randes frei. Aststellung opponirt oder unbestimmt. — **Sphacelaria** Lyngb.
  β) Wurzelfäden schliessen zu unächter parenchymatoidischer Rinde zusammen; die 2 primären Randzellen nehmen die ganze Peripherie des Cylinderquadranten ein.
    1) Aststellung opponirt. — **Chaetopteris** Kütz.
    2) Aststellung (an den Langtrieben) wirtelförmig. — **Cladostephus** Ag.

Leider reicht die Zahl der untersuchten Arten nicht hin, um eine vollständige systematische Uebersicht geben zu können; ich beschränke mich daher auf einige Bemerkungen über die Gattungen und die von mir untersuchten Species.

Stypocaulon Kütz.

Diese 1843 von Kützing[1]) von Sphacelaria getrennte und auf die Wurzelfilzberindung begründete Gattung wurde 1848 von Agardh wieder eingezogen und zu Sphacelaria gestellt. Die oben unter der Uebersicht der Gattungen angeführten Merkmale mögen jedoch die Beibehaltung dieser Gattung rechtfertigen.

Die von mir untersuchten Arten beschränken sich auf Stypocaulon scoparium und auf das von Sonder als Sphacelaria Mülleri bezeichnete Pflänzchen.

Stypocaulon scoparium Kütz.

Die zahlreichen Varietäten lassen sich auf 2 Haupttypen, die forma aestivalis uud hiemalis zurückführen.

A. Kurztriebe der Axe mehr oder weniger angedrückt. — **Forma aestivalis.**
- α) Langtriebe in grosser Zahl gegen das Ende der Hauptaxe hin vereinigt. — var. glomerata.
- β) Langtriebe an der Hauptaxe mehr oder weniger vertheilt.
  - Aeste der Langtriebe gleich gross. — var. virgata.
  - Aeste gegen die Spitze hin viel grösser. — var. corymbifera.

B. Kurztriebe mehr oder weniger abstehend. — **Forma hiemalis.**
- α) Langtriebe in grosser Anzahl zusammenstehend. — var. coarctata.
- β) Langtriebe mehr oder weniger an der Hauptaxe vertheilt. — var. disticha.

Stypocaulon Mülleri (Sonder). †

Die gewöhnlich aus 5 primären Gliedern bestehenden Internodien und die dadurch hervorgerufene lockerere Verzweigung, die Stellung des ersten secundären Kurztriebs (vorherrschend) nach aussen, die in geringerer Zahl vorhandenen Haarbildungen und das etwas abweichende Verhalten der Wurzelfäden lassen diese sonst mit Stypocaulon scoparium so übereinstimmende Pflanze leicht von derselben unterscheiden.

---

1) Kützing, Phycol. general. p. 293.

Halopteris Kütz.

Kützing[1]) trennte 1843 die Sphacelaria filicina Ag. von den übrigen Sphacelarieen und gründete auf die Wurzelfilzberindung und die von den übrigen abweichende Verzweigungsweise die Gattung Halopteris, welche 1848 von Agardh wieder eingezogen und mit Sphacelaria vereinigt wurde. Das wichtigste vegetative Merkmal jedoch, die Bildung der Aeste an den Scheitelzellen, verlangt die Trennung von den die Aeste an den Gliederzellen anlegenden Arten der Gattung Sphacelaria. Von dem nächstverwandten Stypocaulon unterscheidet sich Halopteris durch die aus einem primären Gliede bestehenden Internodien und die abweichende Theilung in den secundären Zellcylindern. — Eine Trennung aber der Halopteris filicina und Halopteris Sertularia, wie sie Agardh[2]) und Kützing[3]) vornimmt, scheint mir nicht gerechtfertigt. Da die beiden Pflanzen in den wichtigsten Merkmalen vollkommen übereinstimmen, so betrachte ich nach dem Vorgange Harvey's und Meneghini's die Halopteris Sertularia bloss als eine Varietät der Halopteris filicina.

α) Verzweigung unter spitzem Winkel. Wurzelfilz umgiebt die Langtriebaxen.	Hal. filicina α.
β) Verzweigung unter rechtem Winkel. Keine Wurzelfäden.	Hal. filicina β, Sertularia.

Phloiocaulon.

Chaetopteris squamulosa Kütz. (Ch. Suhrii Ag.) weicht von den übrigen Sphacelarieen in sehr wichtigen Merkmalen ab; von Chaetopteris (plumosa Kütz.) und Cladostephus, welche ebenfalls parenchymatoidische Berindung besitzen, durch die an den Scheitelzellen entstehenden Astanlagen, von Stypocaulon und Halopteris, mit welchen es das letztere Merkmal gemein hat, durch das Auftreten parenchymatoidischer Berindung. Mit Sphacelaria besitzt es noch weniger Uebereinstimmung.

Schon Meneghini[4]) betrachtet die Chaetopteris squamulosa Kütz. als Typus für eine neu aufzustellende zwischen Sphacelaria (wohin er die Gattungen Stypocaulon, Halopteris, Chaetopteris und Sphace-

1) Kützing, l. c. p. 292.
2) Agardh, l. c. p. 35.
3) Kützing, Spec. Alg. p. 462.
4) Meneghini, l. c. p. 359.

laria rechnet) und Cladostephus in der Mitte stehende Gattung. Die Charakteristik ist etwa folgende:

Phloiocaulon. †

Scheitelwachsthum und Anlegung der Aeste an den Scheitelzellen; Verzweigung alternirend. In den secundären Gliederzellen wird der ganze Rand von den Randzellen eingenommen; in jedem Quadranten treten 2, seltener 3 primäre Randzellen auf. Die Wurzelfäden schmelzen zu parenchymatoidischer unächter Berindung zusammen. — Alle übrigen Hauptmerkmale sind die der Sphacelarieen überhaupt.

Chaetopteris Kütz.

Kützing[1]) trennte 1843 die Sphacelaria plumosa Lyngbye von den übrigen Sphacelarieen und gründete auf diese Species die durch parenchymatoidische Berindung und zweizeilige opponirte Verzweigung ausgezeichnete Gattung Chaetopteris. Die einzige bekannte Art ist, nachdem Chaetopteris squamulosa Kütz. als Typus einer besondern Gattung aufgestellt worden ist, Chaetopteris plumosa Kütz.

Cladostephus Ag.

Die Arten der Gattung Cladostephus sind von Chaetopteris hauptsächlich durch die wirtelförmige Verzweigung der Langtriebe, von Phloiocaulon, mit welchem es ebenfalls parenchymatoidische Berindung gemein hat, durch die wirtelförmige Verzweigung und durch die Bildungsweise der Astanlage verschieden. Cladostephus spongiosus unterscheidet sich von dem ganz nahe stehenden Cladostephus verticillatus durch die dichter stehenden unverzweigten primären Kurztriebe und den Mangel der Haarbildungen[2]); die älteren primären Kurztriebe von Cladostephus verticillatus tragen die secundären kammartig auf der äussern Seite gestellt.

Sphacelaria Lyngbye.

Die artenreichste und in Hinsicht auf Verzweigungsverhältnisse mannigfaltigste Gattung ist Sphacelaria; doch stimmen alle Arten, so grosse Verschiedenheiten sie auch sonst ausser der Verzweigung hinsichtlich des Vorkommens der Haarbildungen und Wurzelfäden,

1) Kützing, Phyc. gener. p. 293.

2) Kützing, Tab. phyc. Bd. VI. Tab. 7. II bildet jedoch einmal einen secundären Kurztrieb, sowie auch Haarbildungen ab.

der Keimfrüchte und Brutknospen bieten mögen, in der Theilungsart der secundären Zellcylinder überein. Von Stypocaulon, Halopteris und Phloiocaulon scheiden sie die an den Gliederzellen entstehenden Aeste, von Chaetopteris und Cladostephus die spärlichen, oft ganz fehlenden Wurzelfäden und die Verzweigungsverhältnisse. Was die von mir untersuchten Arten der Gattung Sphacelaria betrifft, so zeichnet sich Sphac. pennata durch gewöhnlich opponirte Aststellung und besonders durch robuste Beschaffenheit der Zellglieder (die secundären sind so lang als breit) vor den andern zarter gebauten Sphacelarien aus. Sphac. cirrhosa, dessen secundäre Zellglieder meist etwas länger als breit, aber nicht so robust als bei Sphacelaria pennata sind, ist durch die meist opponirte Stellung der zahlreichen Aeste, die an Ectocarpus erinnernden Keimfrüchte und die 3—4 zinkigen Brutknospen, Sphacelaria tribuloides, dessen secundäre Zellglieder $1\frac{1}{2}$ mal so lang als breit sind, durch die spärliche und unbestimmte Verzweigung und die charakteristische Gestalt seiner Brutknospen erkennbar.

Erklärung der Tafeln.

Die gegebenen Abbildungen sind aus einer Anzahl von mehr als 300 im Laufe der Untersuchung angefertigten Zeichnungen ausgewählt. Fast alle sind mit der Camera lucida entworfen; mehrere wurden später auf die Hälfte oder das Viertheil der ursprünglichen Vergrösserung reducirt. Die Vergrösserung ist hinter jeder Erklärung angegeben.

Taf. XXXIV.

Stypocaulon Scoparium Kütz.

Fig. 1. Langtriebspitze mit der zu einem neuen Ast sich umbildenden, seitlichen, noch nicht durch eine Scheidewand abgegrenzten Ausbuchtung der Scheitelzelle. Die untersten Aeste haben schon begrenztes Wachsthum angenommen, d. h. sich zu Kurztrieben entwickelt. Haarbildungen in den Achseln der Aeste. I u. II primäre und secundäre Querwände. I^a im Internodialglied, I^b im Knotenglied, I^c im jungen Ast auftretende primäre Querwand, II^a und II^b analog. Das Original gehört zur forma aestivalis. $^{84}/_{1}$.

Fig. 2. Desgl. Ueber der durch eine uhrglasförmig vorspringende Scheidewand von der Hauptaxe abgegrenzten Astanlage zeigt sich eine neue Zelle, die Anlage zu den Haarbildungen. I und II wie bei Fig. 1. $^{42}/_{1}$.

Fig. 3. Schema für die Verticaltheilung in den secundären Gliederzellen, im Querschnitt. Der linke Quadrant stellt ein jüngeres Stadium dar vor Auftreten von Querwänden in der ursprünglichen Centralzelle, der rechte ein älteres nach Bildung dieser Wände, welche an die frühern sich anlegend, dieselben aus ihrer ursprünglichen Lage etwas herausziehen. A primäre Hauptwand; BB secundäre Hauptwände; I, II, III die die erste, zweite, dritte primäre Randzelle abschneidende Wand; I^1, II^1, III^1 erste, zweite, dritte in der ursprünglichen Centralzelle auftretende Wand; 1, 2, 3 primäre, secundäre, tertiäre in den primären Randzellen auftretende Wände. Diese Bezeichnungen gelten auch für alle folgenden Querschnitte durch Lang- oder Kurztriebe und Wurzelfäden der verschiedenen Species. C. $^{330}/_{1}$.

Fig. 4. Querschnitt durch eine jugendliche Langtriebspartie; es haben sich erst die ersten primären Randzellen abgeschieden. Links Abgangsstelle eines Astes. In der Richtung BB ist das Glied durch den Druck des Messers etwas zusammengedrückt. $^{165}/_{1}$.

Fig. 5. Desgl. älteres Stadium. Im Quadranten rechts oben hat sich die zweite primäre Randzelle, wie es selten geschieht, unmittelbar an die erste angelegt. $^{165}/_{1}$.

Fig. 6. Desgl. noch älteres Stadium. Die Zelltheilung der oberen Hälfte ist durch Abgang eines Astes sehr unregelmässig geworden. Die ersten primären Randzellen der beiden untern Quadranten sind verhältnissmässig sehr gross, die zweiten primären sehr

klein. In dem untern rechten Quadranten läuft die erste in der primären Centralzelle auftretende Scheidewand, wie es selten geschieht, der primären Hauptwand parallel. $^{165}/_{1}$.

Fig. 7. Desgl. Sehr altes, von vielen Wurzelfäden umgebenes Stadium; aus dem obern linken Quadranten tritt ein Wurzelfaden heraus. Bezeichnung s. Fig. 3. $^{330}/_{1}$.

Fig. 8. Längsschnitt durch die Austrittsstelle eines Wurzelfadens aus einem unteren secundären Glied. I u. II wie oben. $^{165}/_{1}$.

Fig. 9. Längsschnitt durch einen Langtrieb, rechts läuft ein Wurzelfaden herab. Die Randzellen haben sich durch Quertheilung vermehrt. I u. II wie bei Fig. 1. $^{110}/_{1}$.

Fig. 10 u. 11. Querschnitte durch untere Kurztriebpartieen; Fig. 10 stellt bloss einen Quadranten dar. $^{330}/_{1}$.

Fig. 12. Querschnitt durch Hauptaxe und Ast; in der Achsel stehen die Basaltheile von 12 Haaren. $^{60}/_{1}$.

Fig. 13. Ein Langtrieb, welcher abnormaler Weise begrenzt wurde und links einen sehr verkürzten schnell sich zuspitzenden Kurztrieb trägt. $^{165}/_{1}$.

Stypocaulon Mülleri (Sonder).

Fig. 14. Vielfach verästelter Haupttrieb, die Verzweigungsverhältnisse darstellend. Die dunkel gefärbten noch lebenskräftigen Scheitelzellen (Sphacelen) sind, um sie bemerkbar zu machen, verhältnissmässig zu gross dargestellt. $^{2}/_{1}$.

Fig. 15. Querschnitt durch einen Langtrieb; altes Stadium. Aus jedem Quadranten tritt ein Wurzelfaden heraus. Bezeichnung wie bei Fig. 3. Der Querschnitt zeigte ursprünglich in schönster Regelmässigkeit in jedem Quadranten je einen hervorbrechenden Wurzelfaden. Um aber die über der dritten primären Randzelle befindliche kleine Centralzelle (x), welche durch die heraustretenden Wurzelfäden in den übrigen 3 Quadranten verdeckt ist, erkennbar zu machen, ohne eine neue Figur zu brauchen, habe ich den rechten unteren Quadranten aus einem anderen Querschnitte herausgezeichnet. Ueber das häufige Verdecktwerden der Centralzelle (x) durch die sich ausbreitenden Wurzelfäden vergl. den Text. $^{400}/_{1}$.

Fig. 16. Desgl. jünger. Die Grössenverhältnisse der primären Randzellen sind zum Theil etwas ungewöhnlich. $^{400}/_{1}$.

Fig. 17. Querschnitt durch den Basaltheil eines Kurztriebs; die Randzellen fehlen noch. $^{400}/_{1}$.

Fig. 18. Querschnitt durch einen Wurzelfaden. $^{460}/_{1}$.

Taf. XXXV.

Halopteris Filicina Kütz.

Fig. 1. Langtriebspitze mit den 3 jüngsten Aesten. Der oberste hat sich eben abgegrenzt, der zweituntere den ersten secundären Ast erzeugt. I u. II primäre und secundäre Querwände. $^{160}/_{1}$.

Fig. 2. Querschnitt durch einen Langtrieb. Links geht ein Ast ab. Bezeichnung s. früher. $^{230}/_{1}$.

Fig. 3. Desgl. Im obern linken Quadranten tritt ein Wurzelfaden heraus. $^{230}/_{1}$.

Fig. 4. Desgl. in den beiden Quadranten rechts findet sich die sehr seltene Dreitheilung (in 3 primäre Randzellen); in dem rechten untern fehlt dabei noch die dritte primäre Randzelle gänzlich (letzteres nur einmal beobachtet). $^{230}/_{1}$.

Fig. 5. Desgl. älteres Stadium, in der primären Centralzelle treten Scheidewände auf. $^{230}/_{1}$.

Halopteris Filicina Kütz. β. Sertularia.

Fig. 6. Langtriebspitze mit 3 Aesten. Durch die alte beschädigte Scheitelzelle wächst eine neue Scheitelzelle hervor. Am Ast β bloss der erste Ast nach innen gerichtet. αα der sich an die Axe anlehnende Fortsatz des Basalgliedes der Aeste. $^{160}/_{1}$.

Fig. 7. Querschnitt durch einen Langtrieb. Cylinderhälfte. $^{330}/_{1}$.

Fig. 8. Desgl. Abgangsstelle eines Astes. $^{330}/_{1}$.

Phloiocaulon Squamulosum. †

Fig. 9. Langtriebspitze mit 5 Aesten; der oberste noch als eben begrenzte Anlage. $^{160}/_{1}$.

Fig. 10. Querschnitt durch einen Langtrieb; im linken Quadranten 2, im untern Quadranten sicher und vielleicht auch im obern 3 primäre Randzellen. $^{460}/_{1}$.

Fig. 11—13. Desgl. durch Kurztriebglieder. 1—1 die die erste primäre Randzelle abschneidende Wand; 2, 3 etc. die zweite, dritte etc. primäre Wand. V die durch Ueberbrückung sich bildende fünfte primäre Randzelle. Fig. 11. Die erste bis dritte primäre Randzelle ist schon in je 4, jede der übrigen in je 2 Zellen zerfallen. Fig. 12. Die erste und zweite primäre Randzelle ist schon in je 4, jede der übrigen in je 2 Zellen zerfallen. Fig. 13. Die erste primäre Randzelle ist in 4, die zweite und dritte in je 3, jede der übrigen in je 2 Zellen zerfallen. $^{460}/_{1}$.

Taf. XXXVI.

Chaetopteris Plumosa Kütz.

Fig. 1. Langtriebspitze. Bezeichnung wie früher. $^{40}/_{1}$.

Fig. 2. Querschnitt durch einen Langtrieb. Bezeichnung wie früher. $^{460}/_{1}$.

Fig. 3. Desgl. Abgangsstelle eines Astes. $^{460}/_{1}$.

Fig. 4. Desgl. mit hervorbrechendem Wurzelfaden. $^{460}/_{1}$.

Fig. 5. Desgl. altes Stadium mit hervorbrechenden Wurzelfäden und umgeben von unächter durch schon ausgetretene Wurzelfäden gebildeter parenchymatoidischer Rinde. Es sind bloss die den Langtrieb zunächst begrenzenden Wurzelfäden gezeichnet. $^{460}/_{1}$.

Sphacelaria Pennata Kütz.

Fig. 6. Langtriebspitze. $^{40}/_{1}$.

Fig. 7. Haarbildung an der Scheitelzelle. $^{80}/_{1}$.

Fig. 8. Spätere Stellung eines oben schon abbrechenden Haares. $^{80}/_{1}$.

Fig. 9—11. Querschnitte durch Langtriebe. In Fig. 10 Abgangsstelle eines Astes. $^{160}/_{1}$.

Sphacelaria Tribuloides Menegh.

Fig. 12. Querschnitt durch einen Langtrieb. $^{460}/_{1}$.

Fig. 13 u. 14. Haarbildung an der Scheitelzelle. $^{150}/_{1}$.

Fig. 15. Junge Brutknospe; über ihr ein Haar. $^{150}/_{1}$.

Fig. 16 u. 17. Ausgebildete Brutknospe, Vorder- und Seitenansicht. $^{230}/_{1}$. Für Fig. 15—17 ist a die unterste, b die mittlere, c die oberste primäre Gliederzelle.

Sphacelaria Cirrhosa Ag.

Fig. 18 a. Querschnitt durch ein Langtriebglied. $^{330}/_{1}$.

Fig. 18 b. Desgl. mit hervorbrechendem Wurzelfaden. $^{330}/_{1}$.

Fig. 19. Desgl. Abgangsstelle von 2 Aesten. $^{330}/_{1}$.

Fig. 20. Desgl. daneben 2 schon ausgetretene Wurzelfäden. $^{330}/_{1}$.

Fig. 21. Jüngste Entwicklungsstadien der Keimfrüchte, schematisch.

Cladostephus Verticillatus Ag.

Fig. 22—24. Langtriebspitzen. Fig. 22 u. 24 zeigen im obersten primären Glied Quertheilung durch eine noch sehr zarte secundäre Querwand, Fig. 23 dagegen bloss Längstheilung. Fig. 24 lässt noch die Basaltheile der durchschnittenen Kurztriebe erkennen. $^{110}/_{1}$.

Fig. 25. Kurztrieb (primärer) mit an der Scheitelzelle sich bildenden secundären Kurztrieben und Haarbildungen an letzteren. $^{110}/_{1}$.

Fig. 26. Querschnitt durch ein junges Langtriebglied. Der obere linke Quadrant zeigt allein die zweite primäre Randzelle. $^{230}/_{1}$.

Fig. 27. Desgl. durch ein älteres Langtriebglied. Cylinderhälfte. Im obern Quadranten 3 (?) primäre Randzellen. $^{230}/_{1}$.

Fig. 28. Desgl. durch ein Kurztriebglied. Die primären Randzellen sind nicht mehr zu erkennen. $^{230}/_{1}$.

Fig. 29. Kleines Stück eines Querschnittes durch eine sehr alte Langtriebspartie mit mehreren austretenden Wurzelfäden. $^{460}/_{1}$.

Cladostephus Spongiosus Ag.

Fig. 30. Sporentragender Kurztrieb. $^{80}/_{1}$.

Fig. 31. Stück eines Kurztriebs mit daran haftender Spore. $^{200}/_{1}$.

Fig. 32 u. 33. Querschnitte durch Kurztriebglieder. 1—1 die die erste primäre Randzelle abgrenzende Scheidewand; 2, 3, 4 zweite, dritte etc. Scheidewand. IV u. V letzte, d. h. vierte (in Fig. 33) und fünfte (in Fig. 32) durch Ueberbrückung gebildete primäre Randzelle. $^{200}/_{1}$.

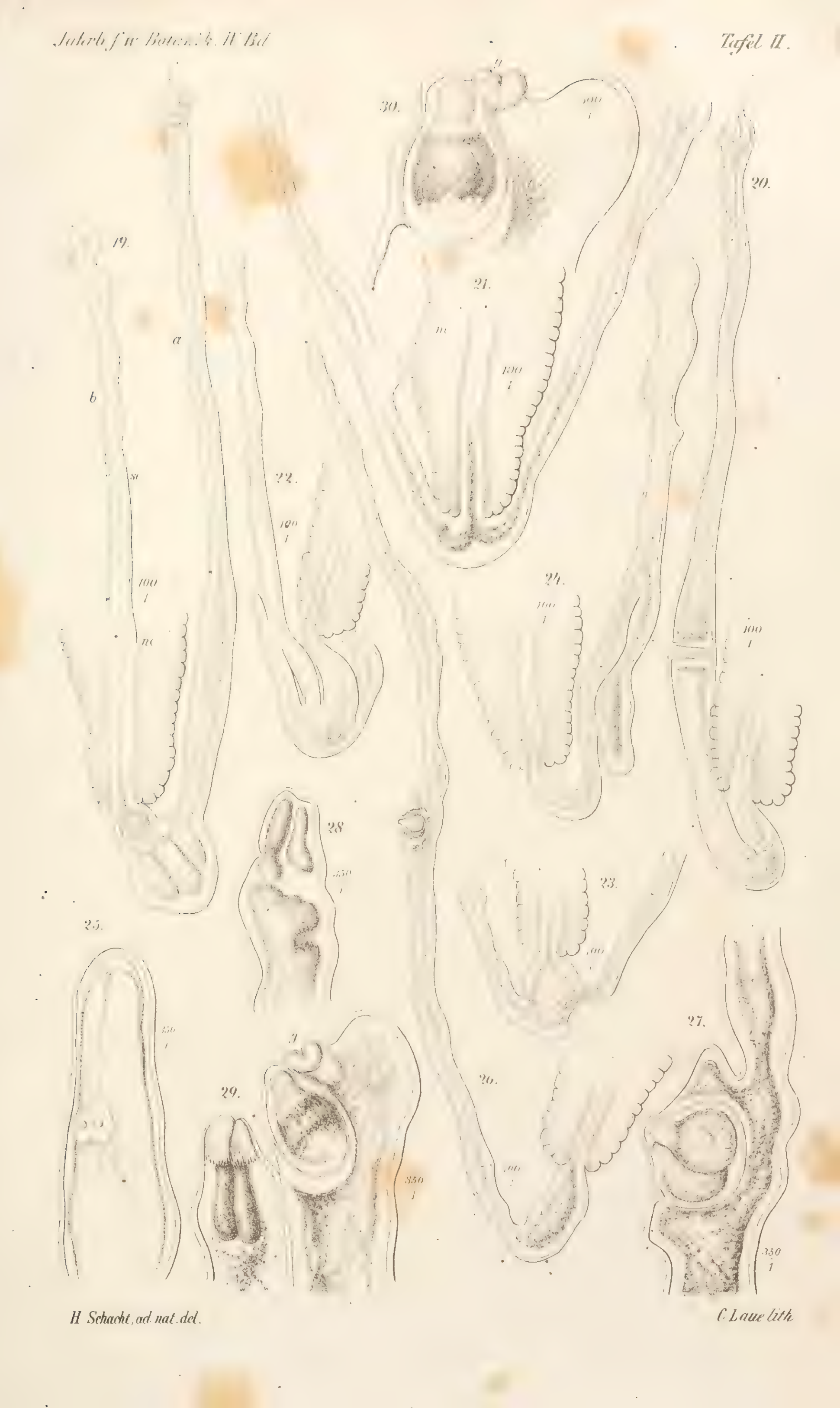
Zürich d. 8. Aug. 1865.

Druck von Fr. Frommann in Jena.

Inhalt.

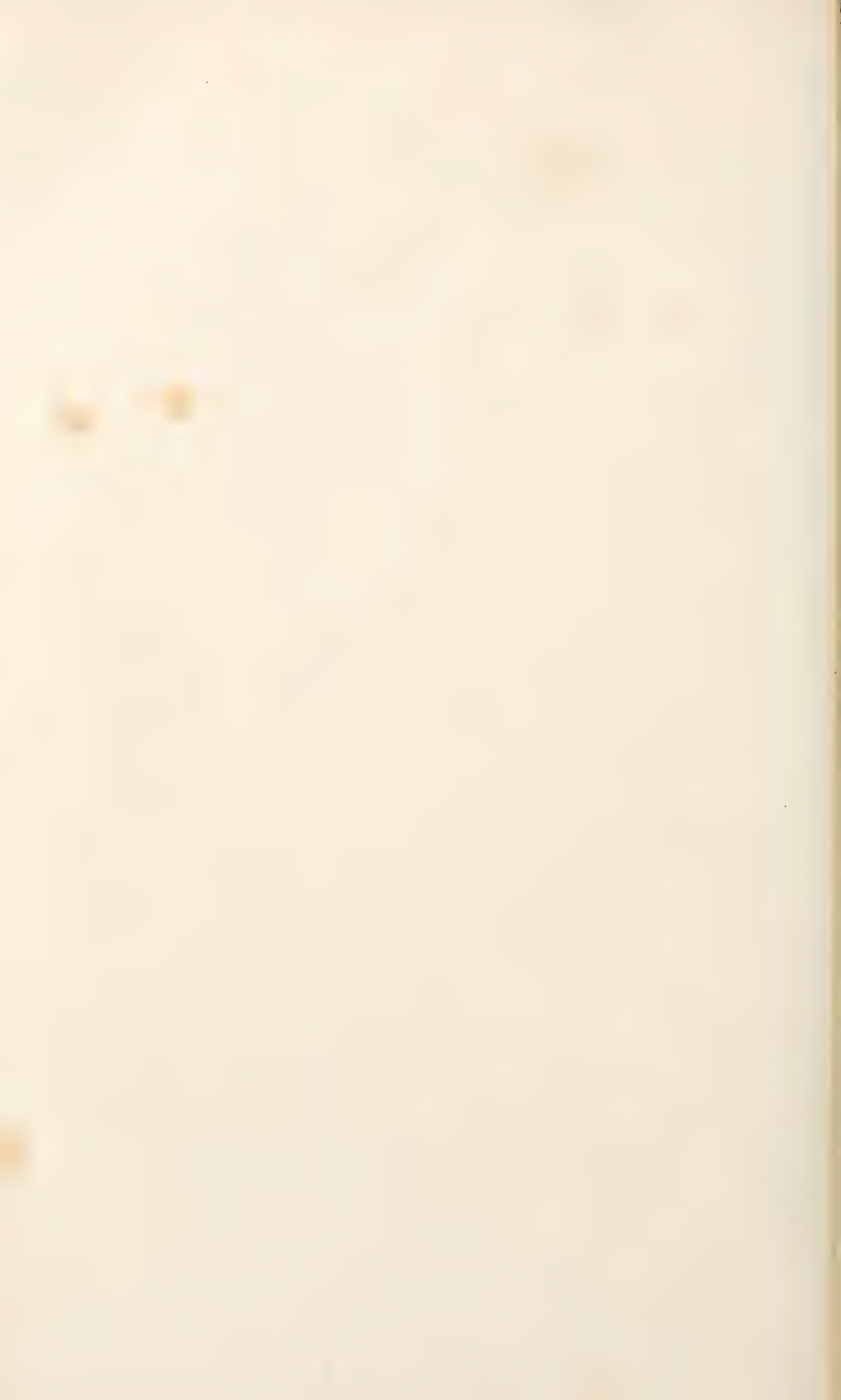

stigma
anth
sep
styl
pet
germ
sperm
gem
spermoph
pist
tp
se
nc
H Schacht. ad nat. del
C Laue lith.

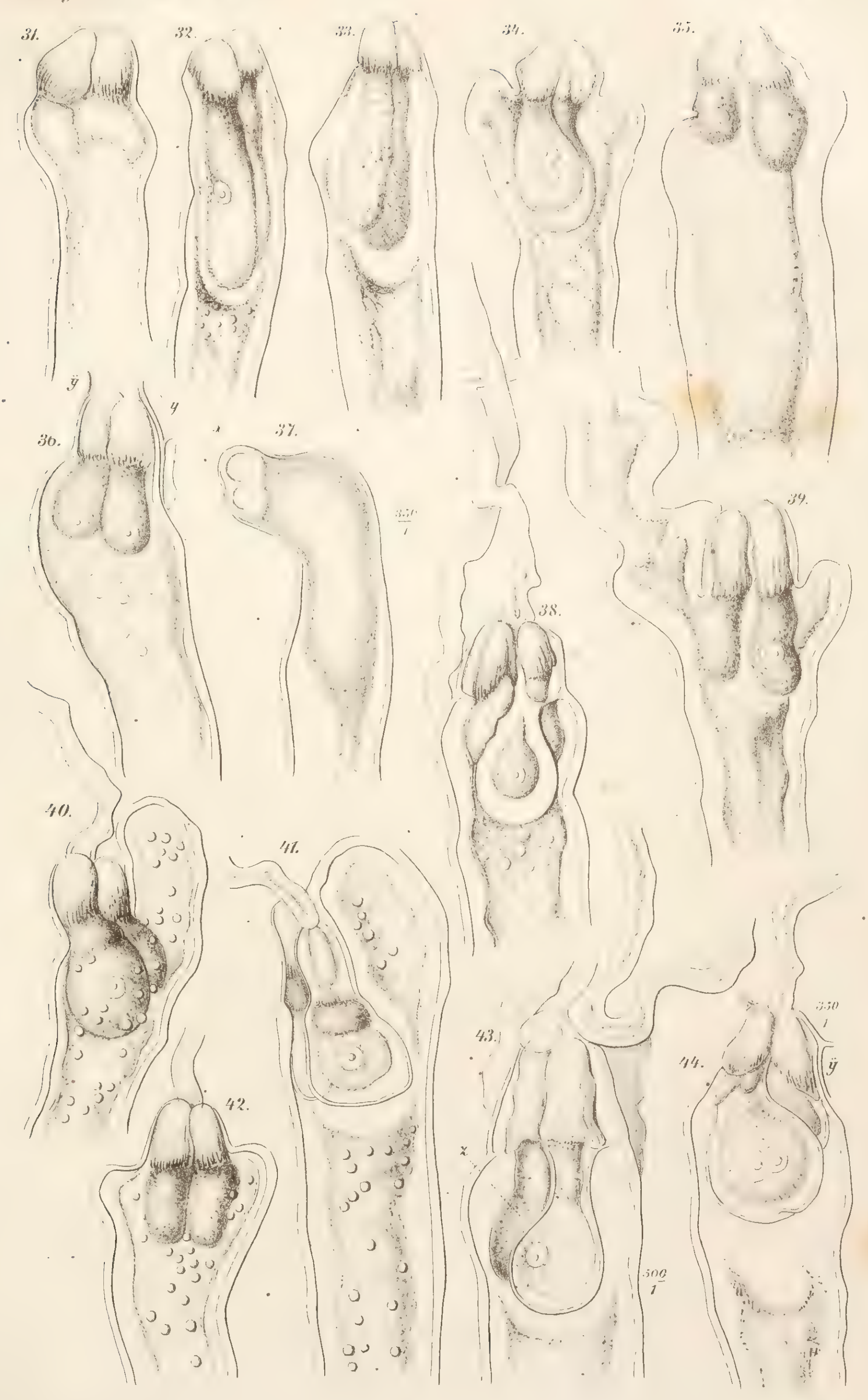




H. Schacht, ad nat. del.

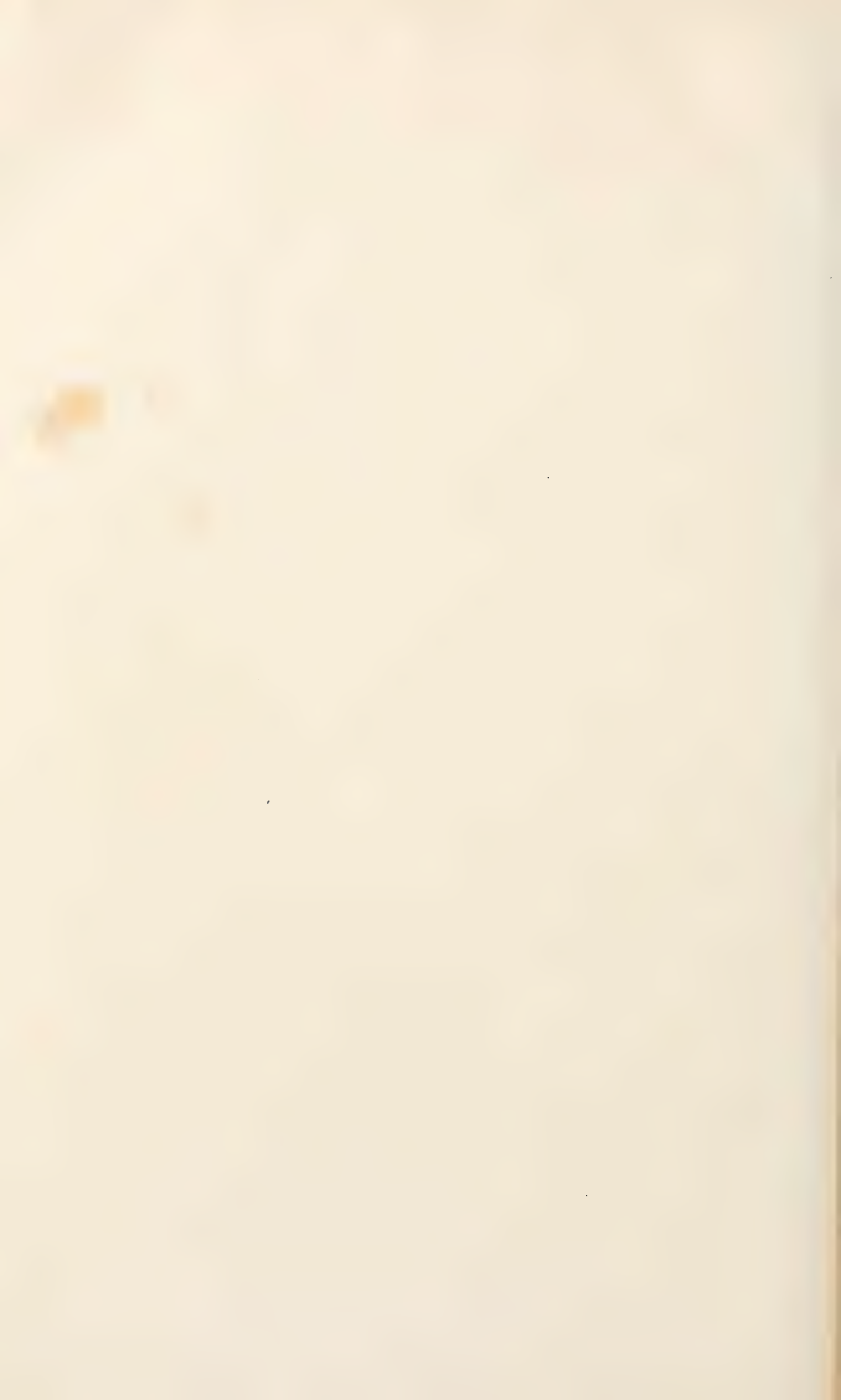
C. Laue lith.

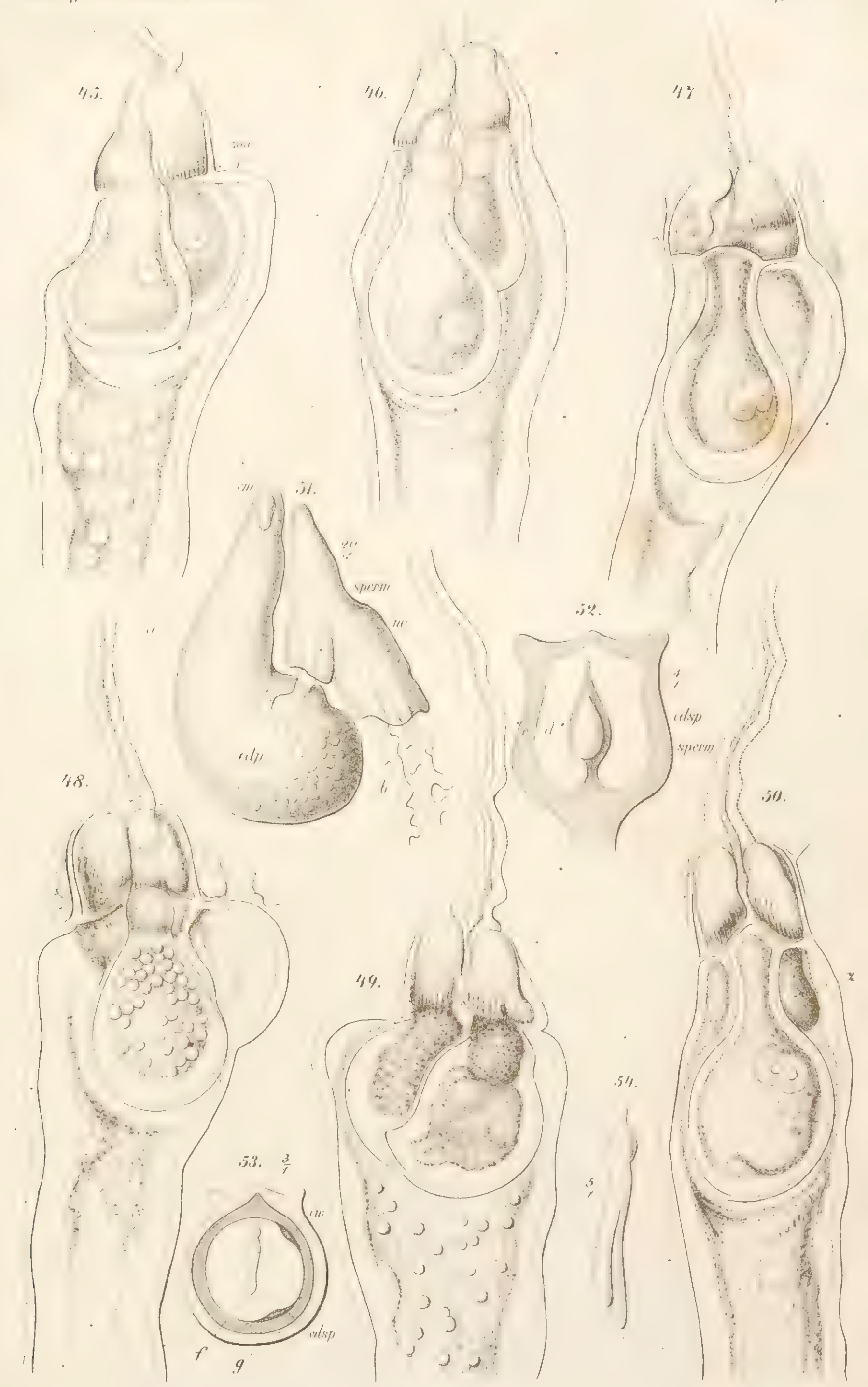




H. Schacht ad nat. del.

C. Laue lith.





H. Schacht, ad nat. del.

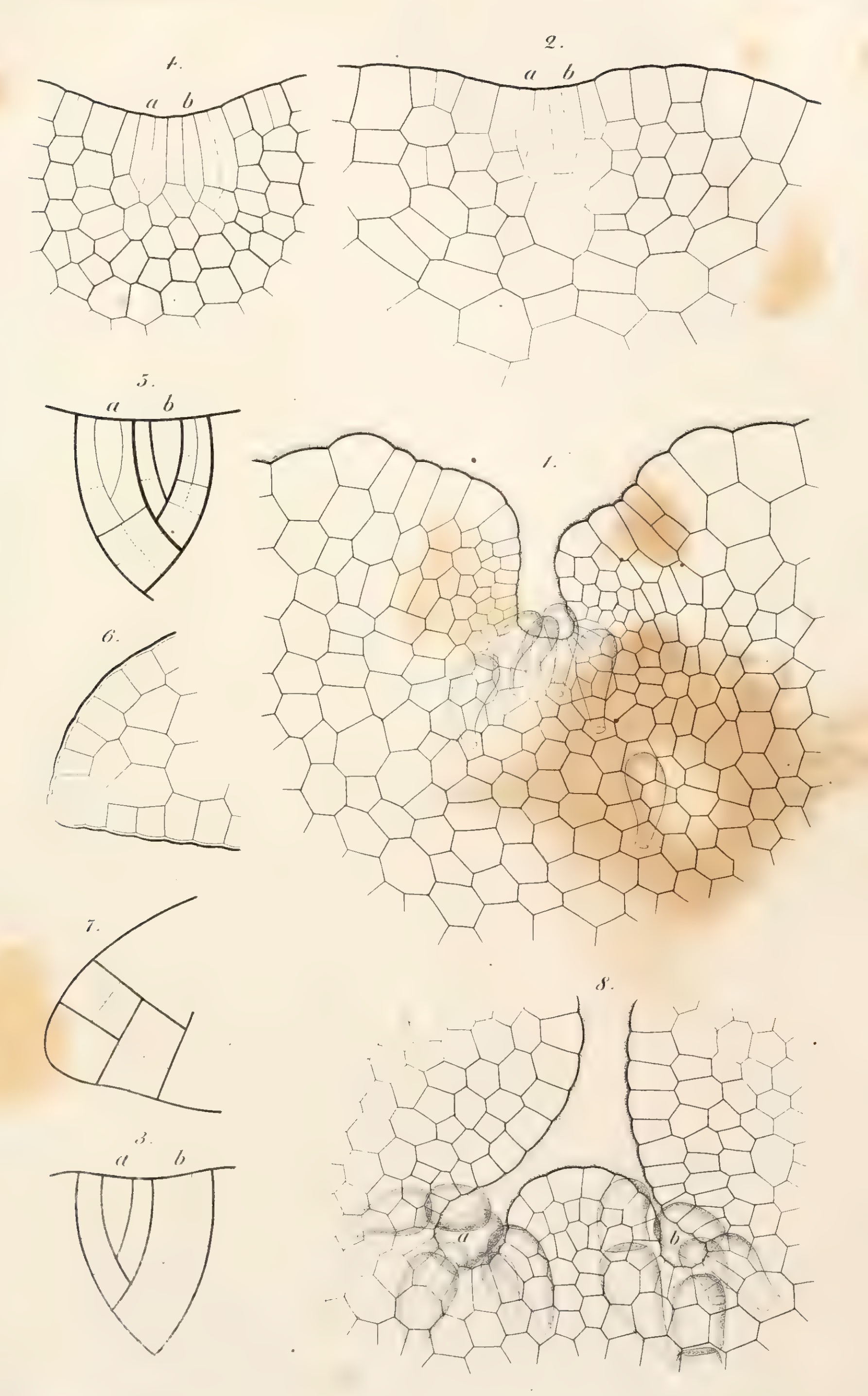
C. Laue lith.



L. Kny gez.

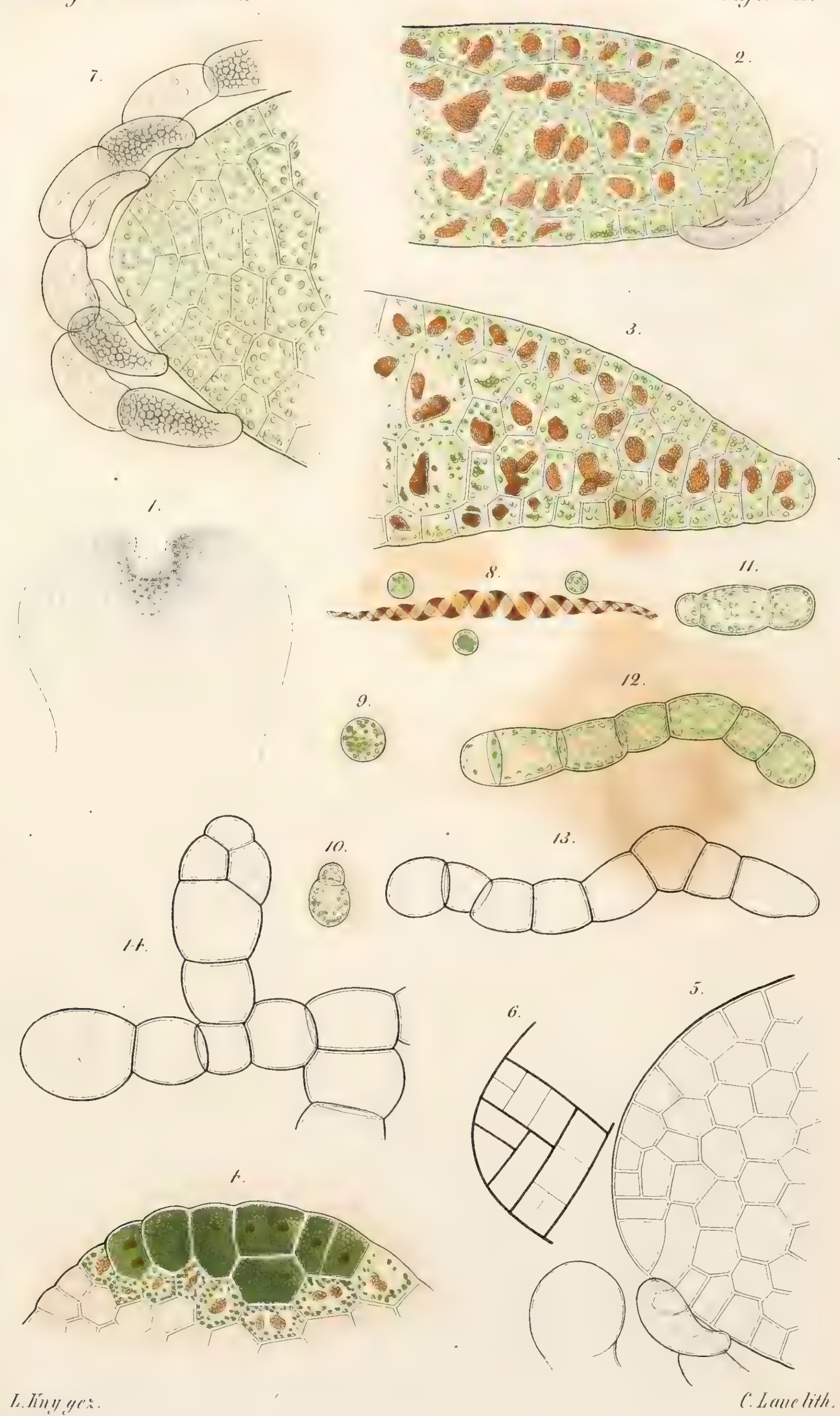
C. Laue lith.





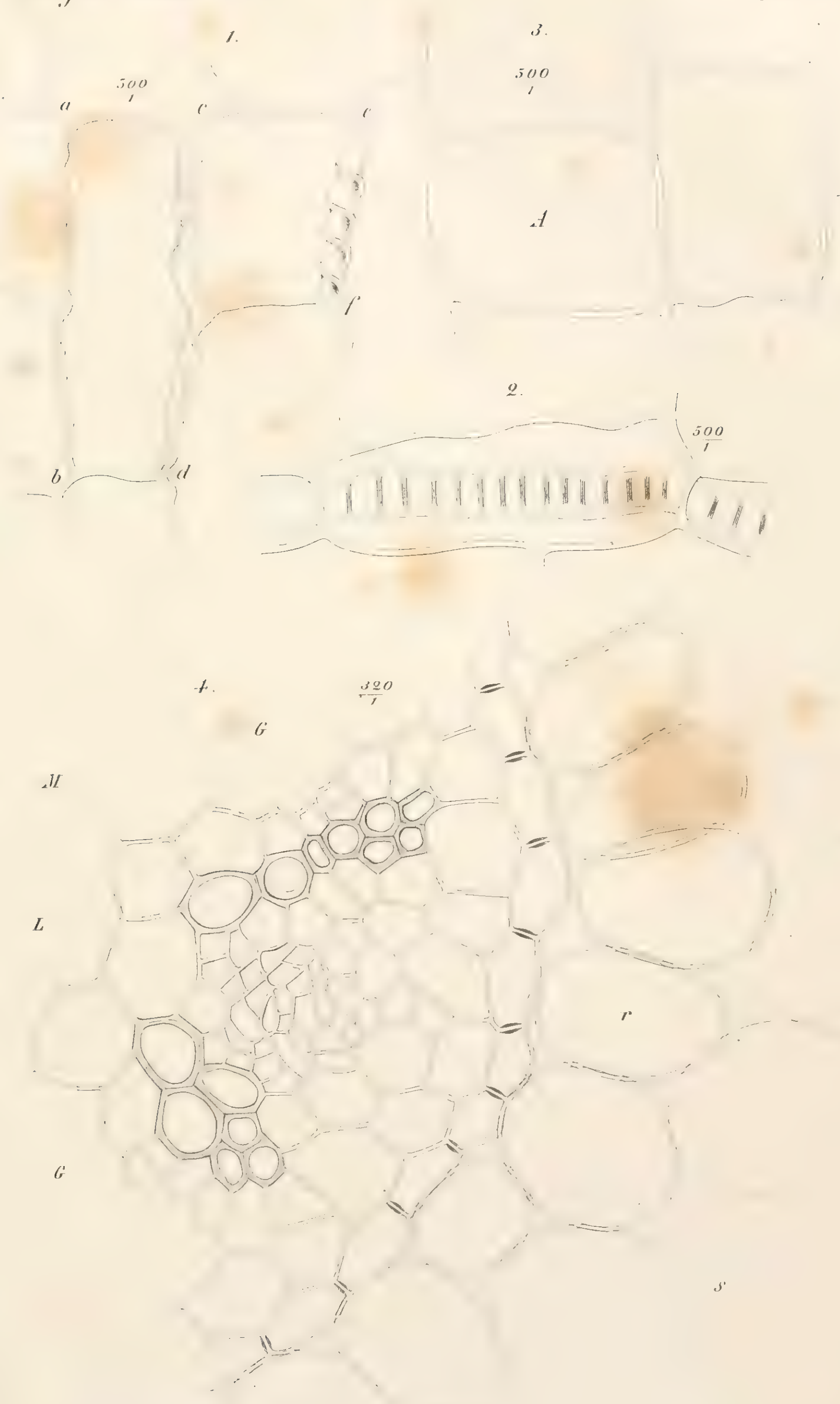
C. Laue lith.





L. Kny gez. C. Laue lith.

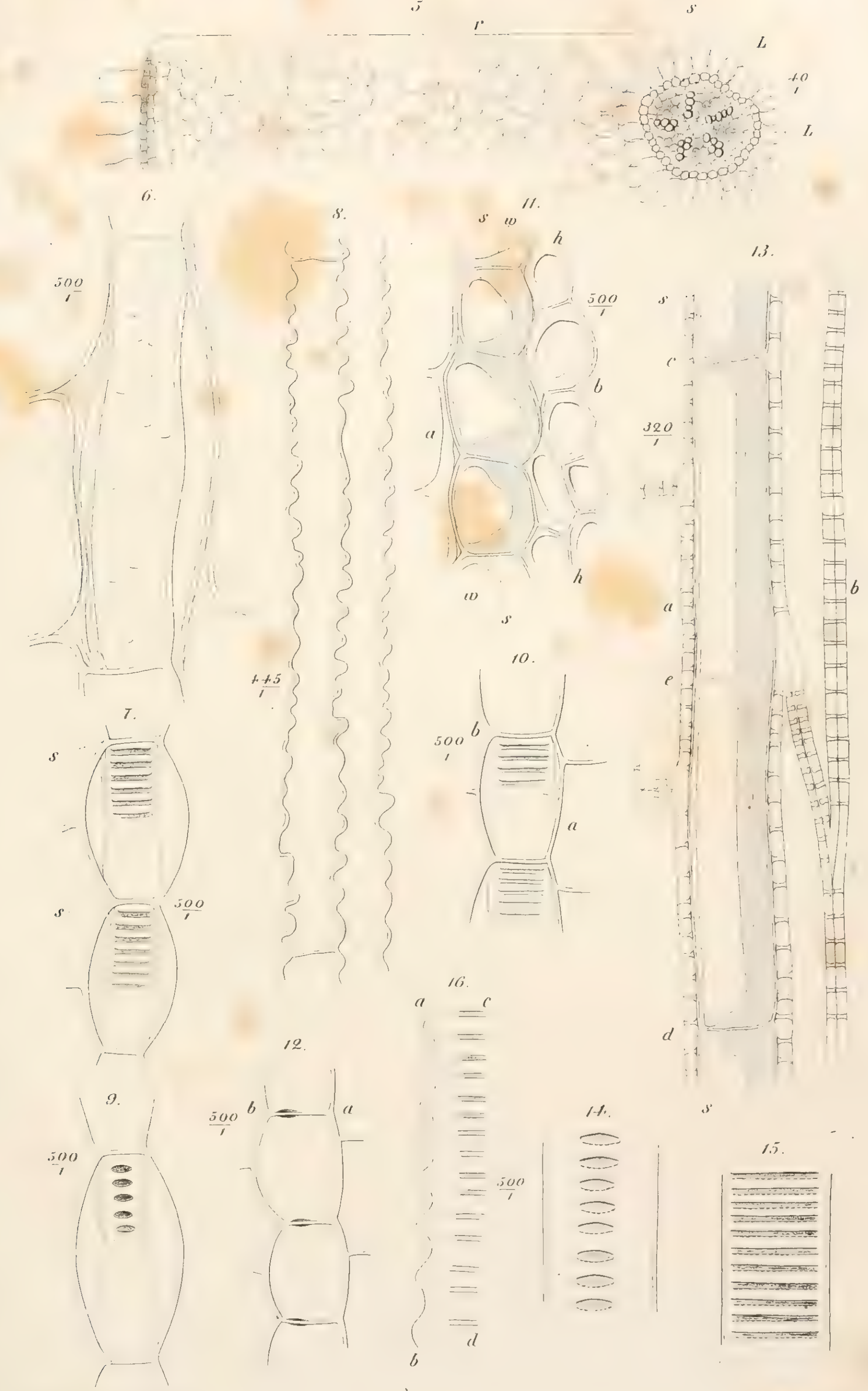




R. Caspary ad nat. del

C. Laue lith

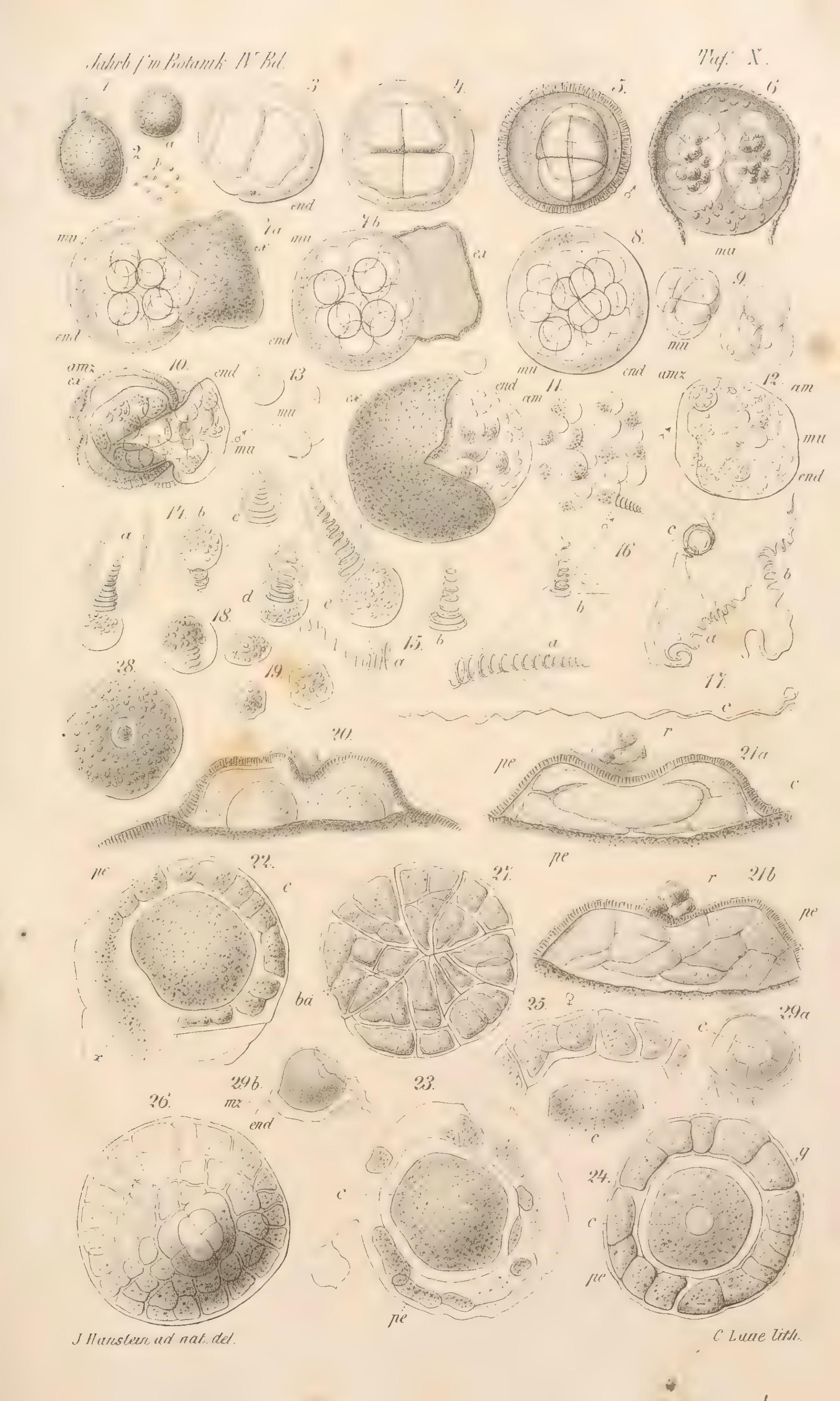


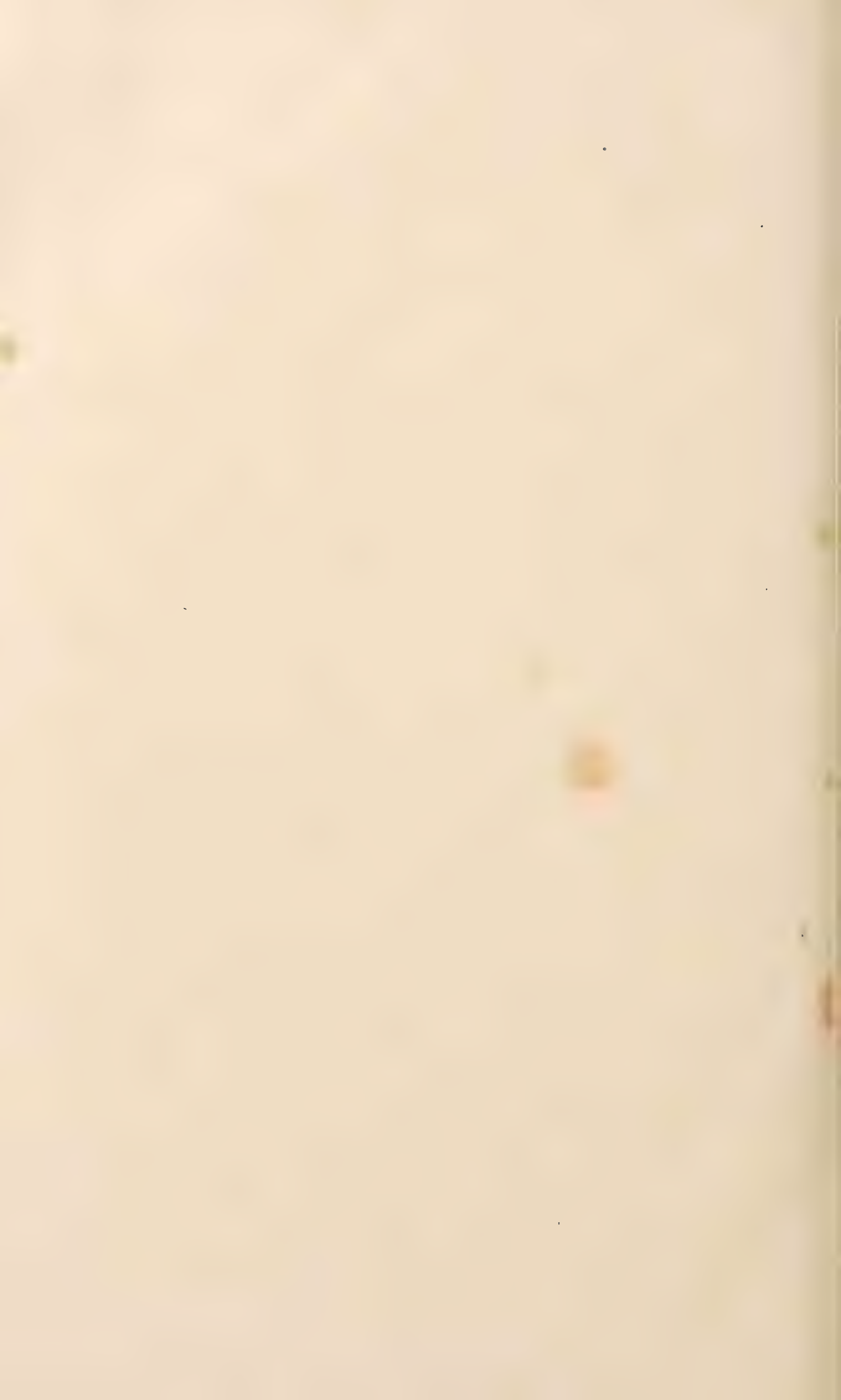


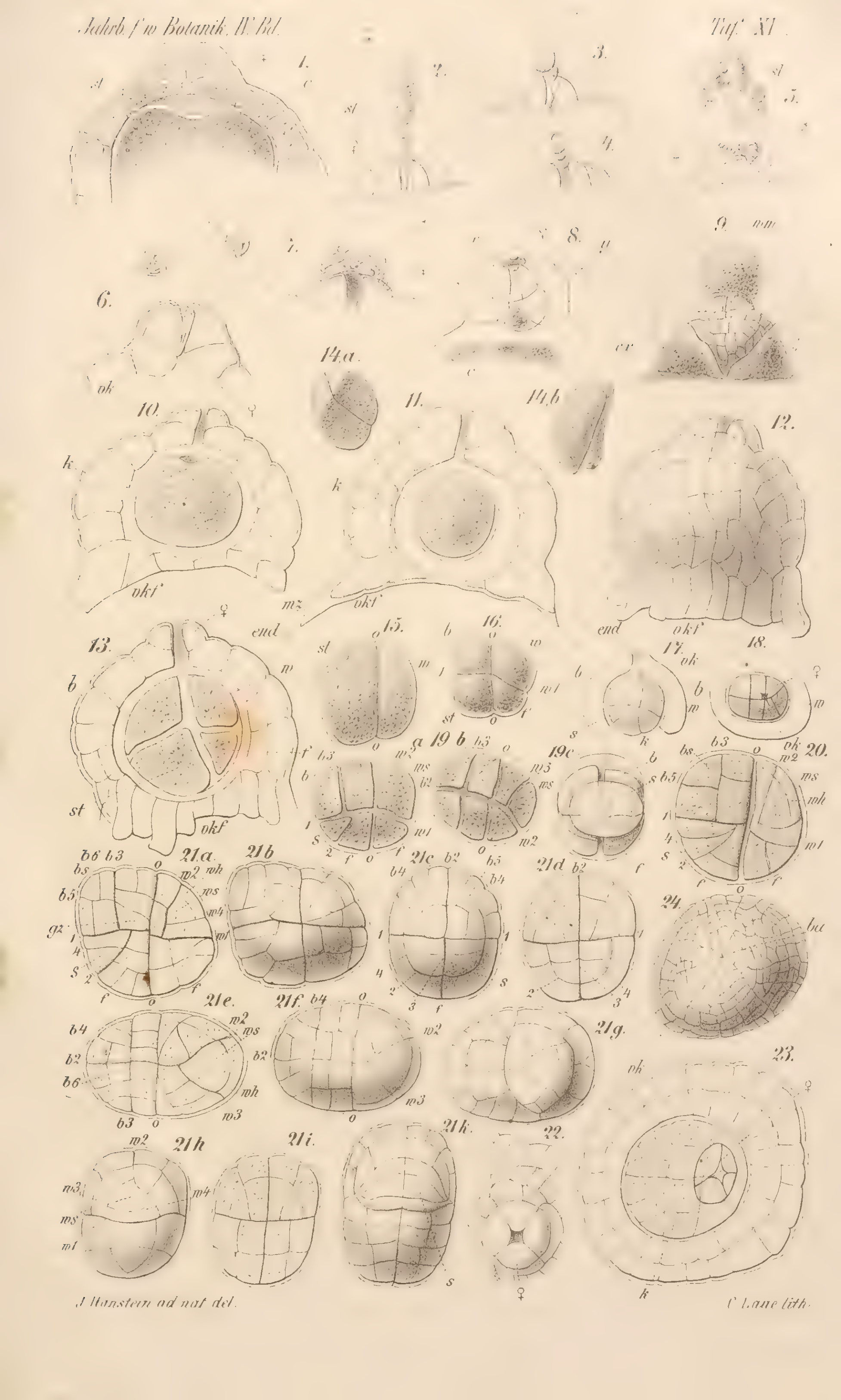
R. Caspary ad nat. del

C. Laue lith

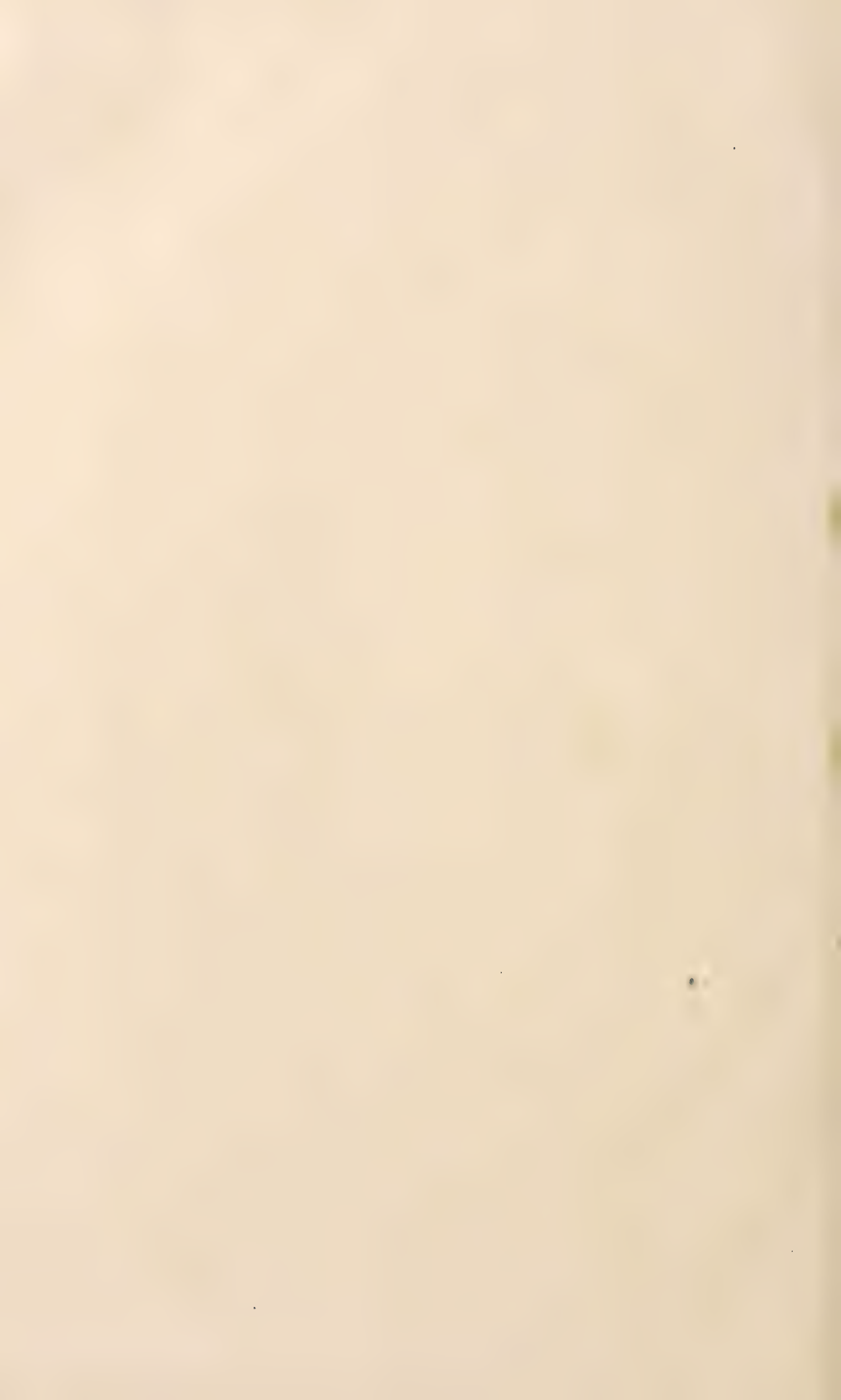


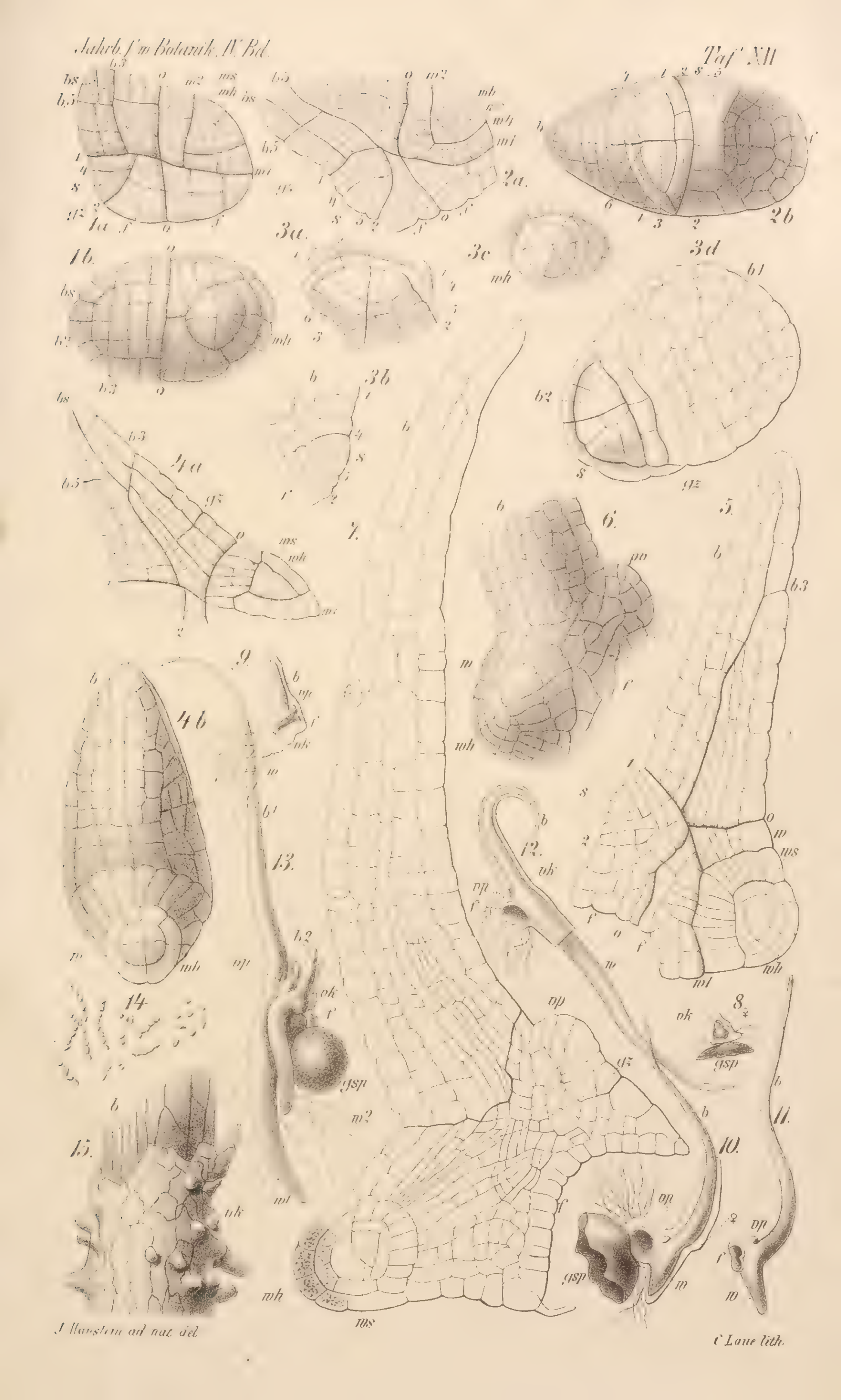

Jahrb. f. w. Botanik IV. Bd.
Taf. X.
J. Hanstein ad nat. del.
C. Laue lith.



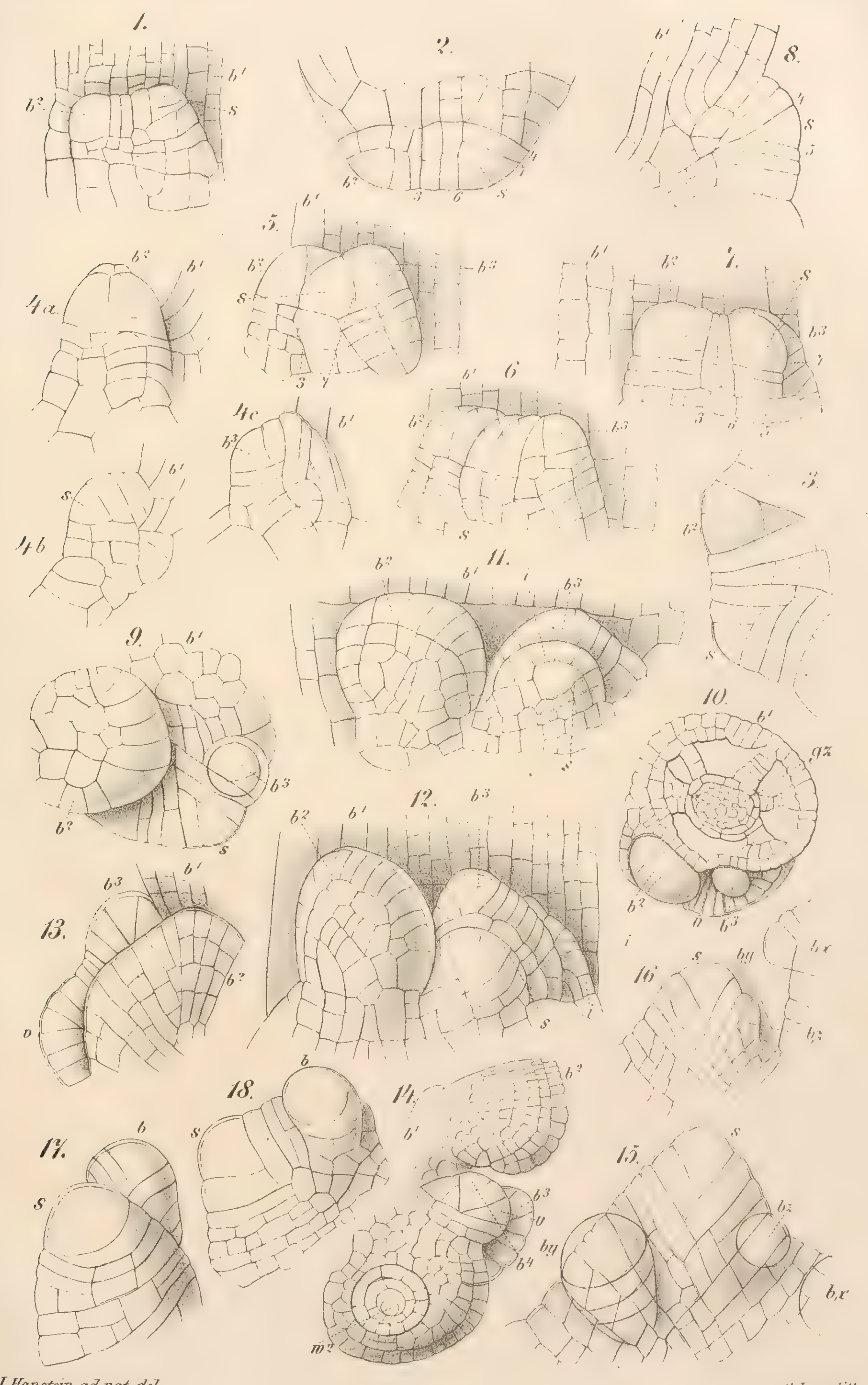


J. Hanstein ad nat. del. C. Laue lith.



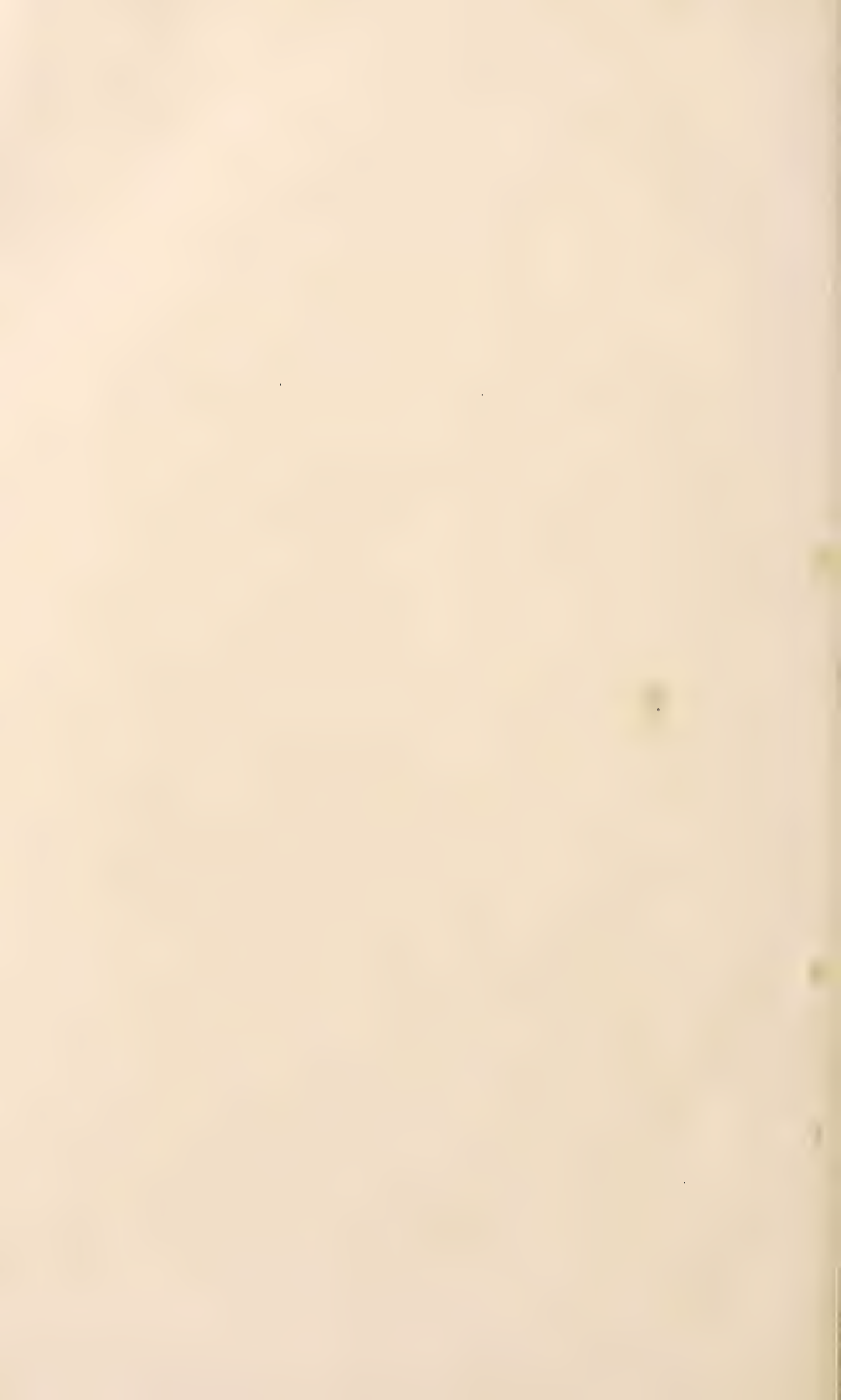

Jahrb. f. w. Botanik. IV. Bd.
Taf. XII.
J. Hanstein ad nat. del.
C. Laue lith.

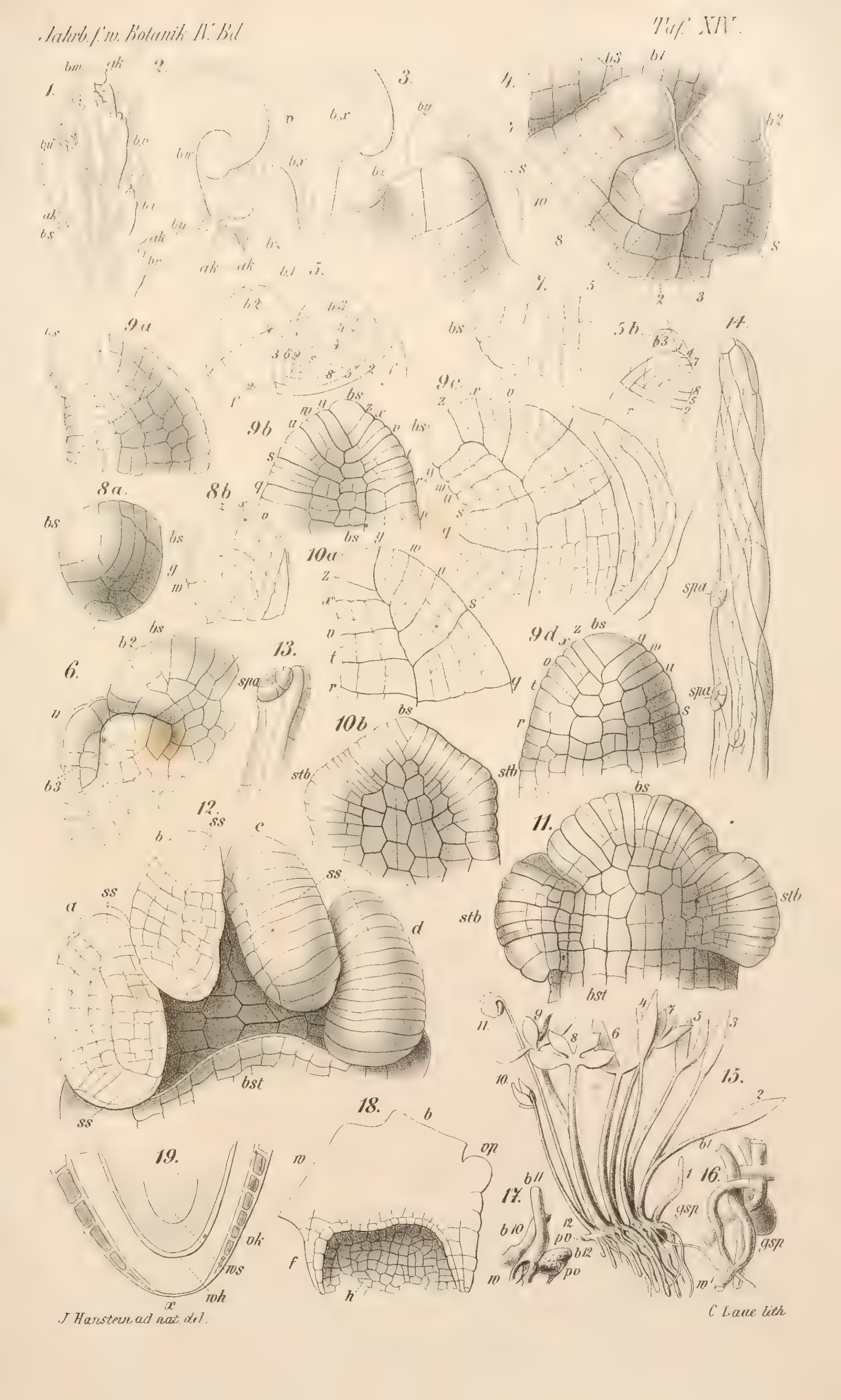




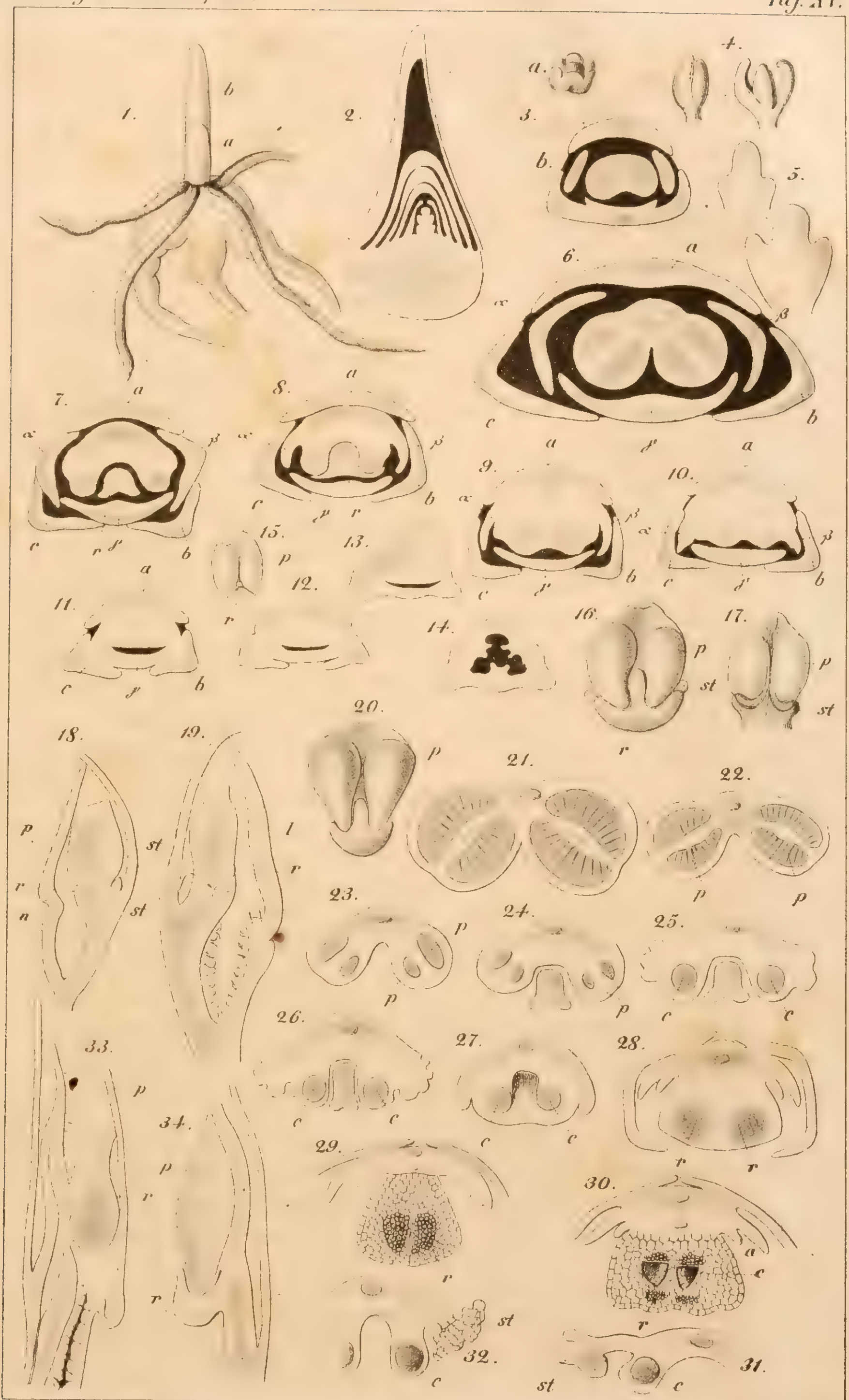
J. Hanstein ad nat. del.

C. Laue lith.



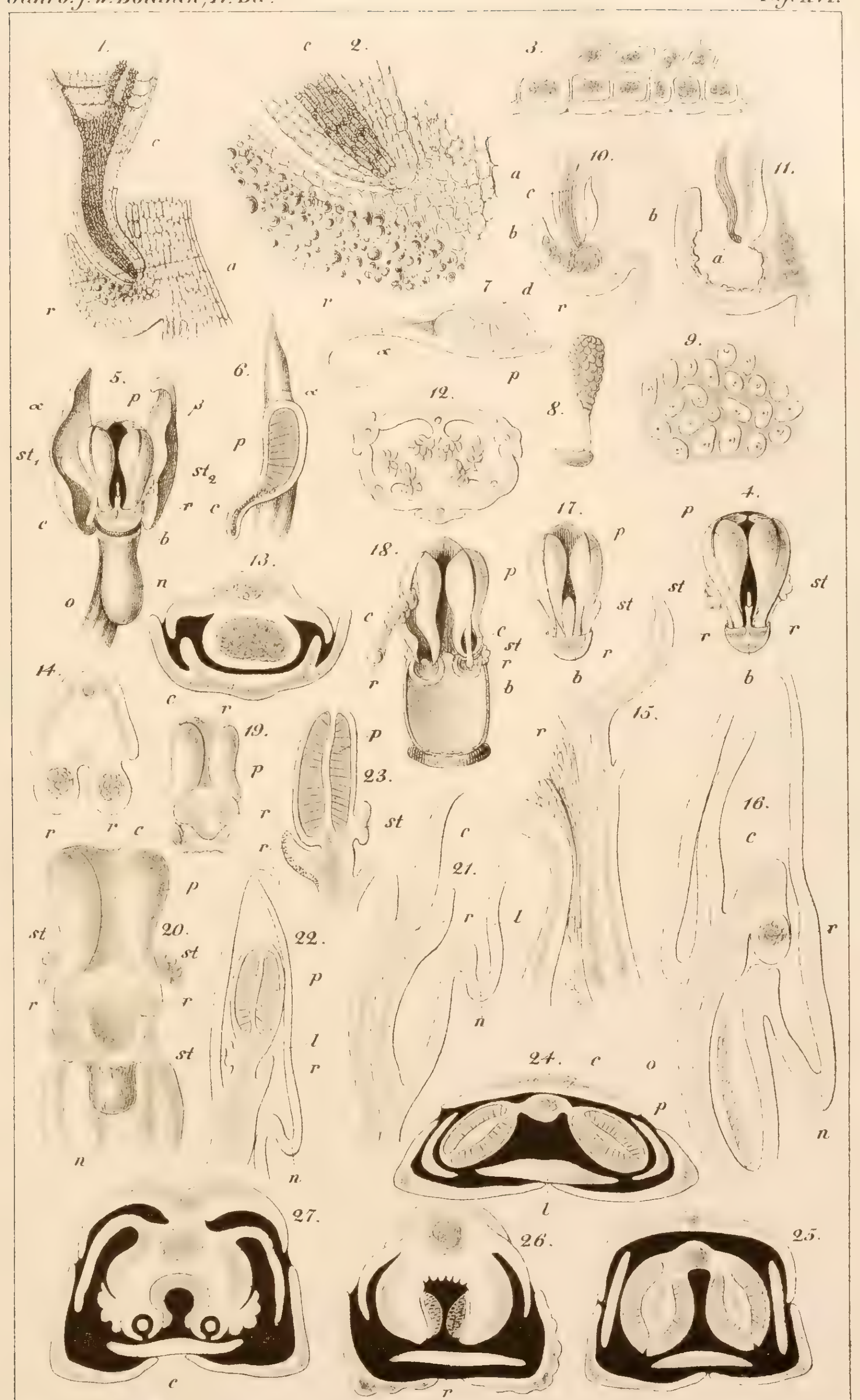

J. Hanstein ad nat. del.
C. Laue lith.





Ad nat. del. Th. Wolf. S. J. C. Laue lith.

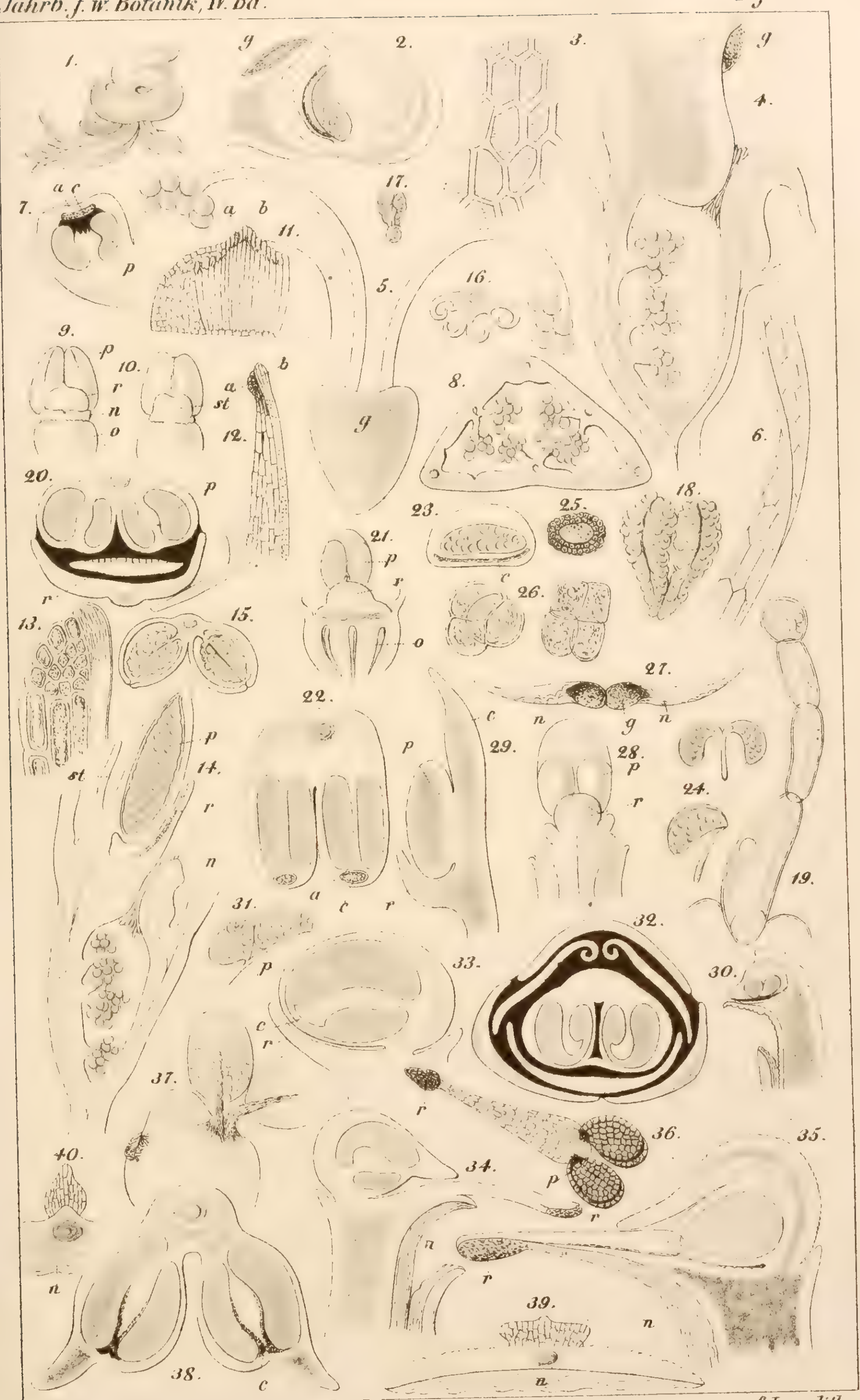




Ad nat. del. Th. Wolf. S.J.

C. Laue lith.

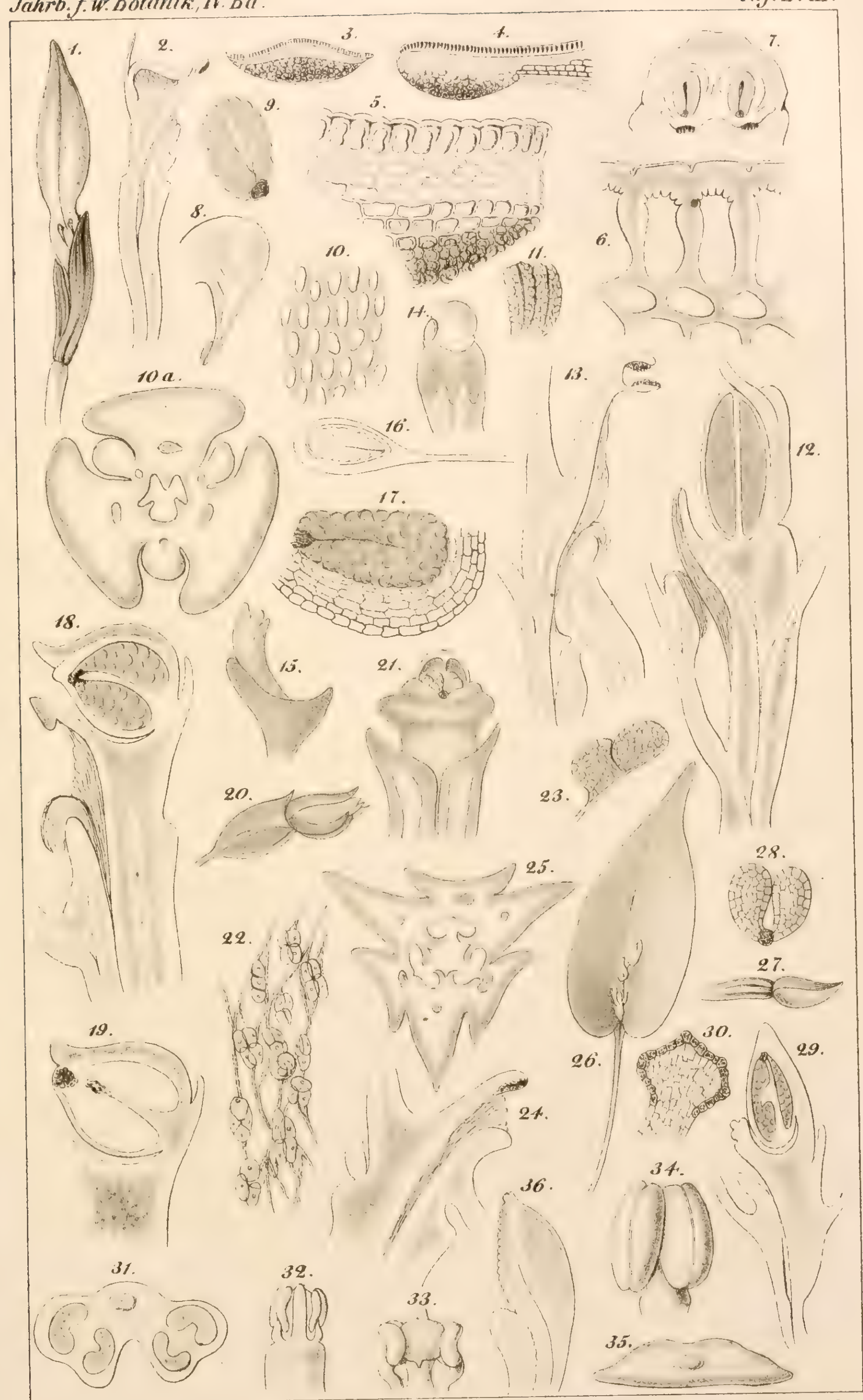




Ad nat. del. Th. Wolf. S.J.

C. Laue lith.





Ad nat. del. Th. Wolf. S.J. C. Laue lith.

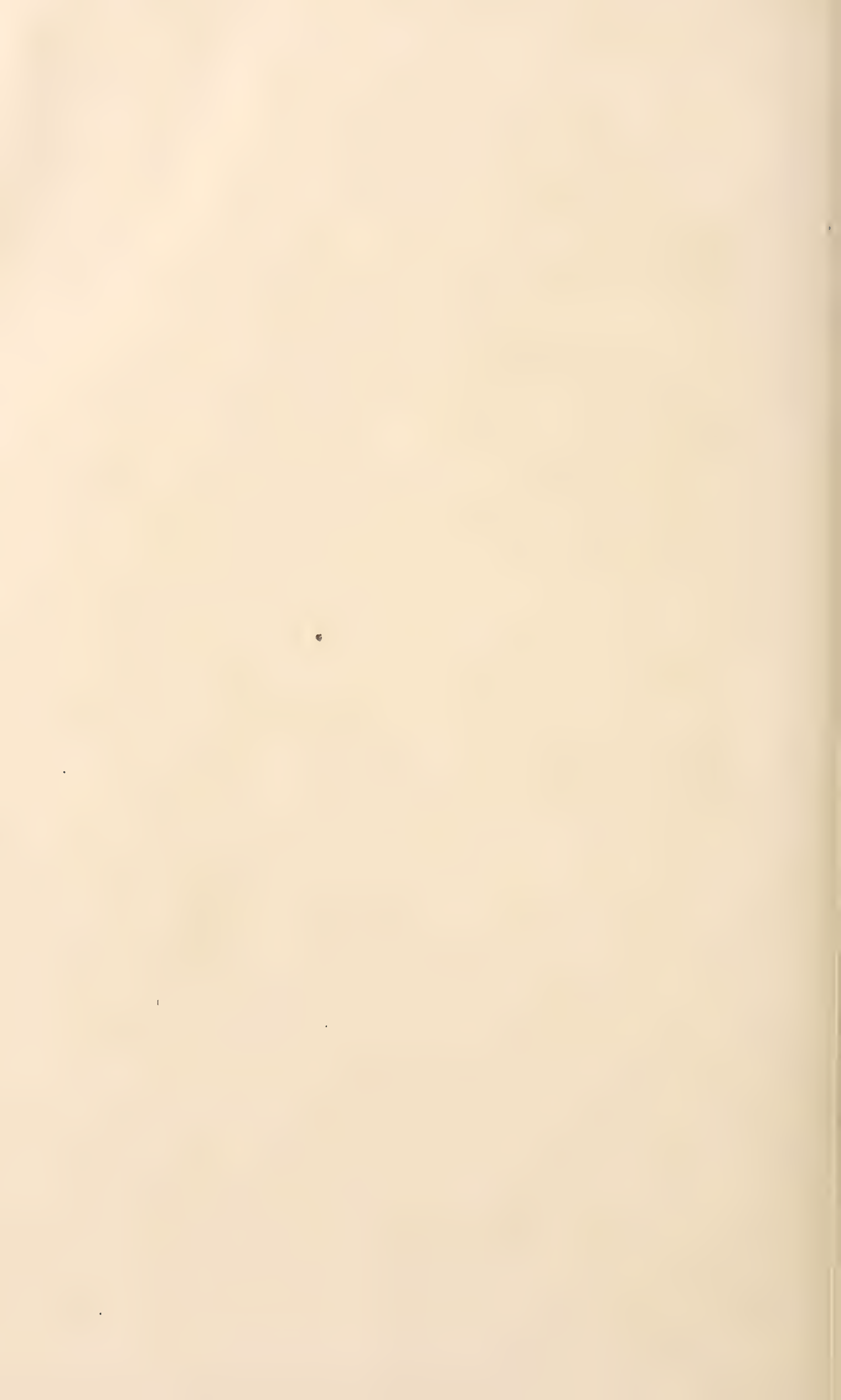


Fig. 1.

Fig. 2

Fig. 3. w a

Fig. 4. s z m

Fig. 5. a w e z s i

Fig. 6. w a e i s

Fig. 8 a

Fig. 8 b

a

Fig. 7.

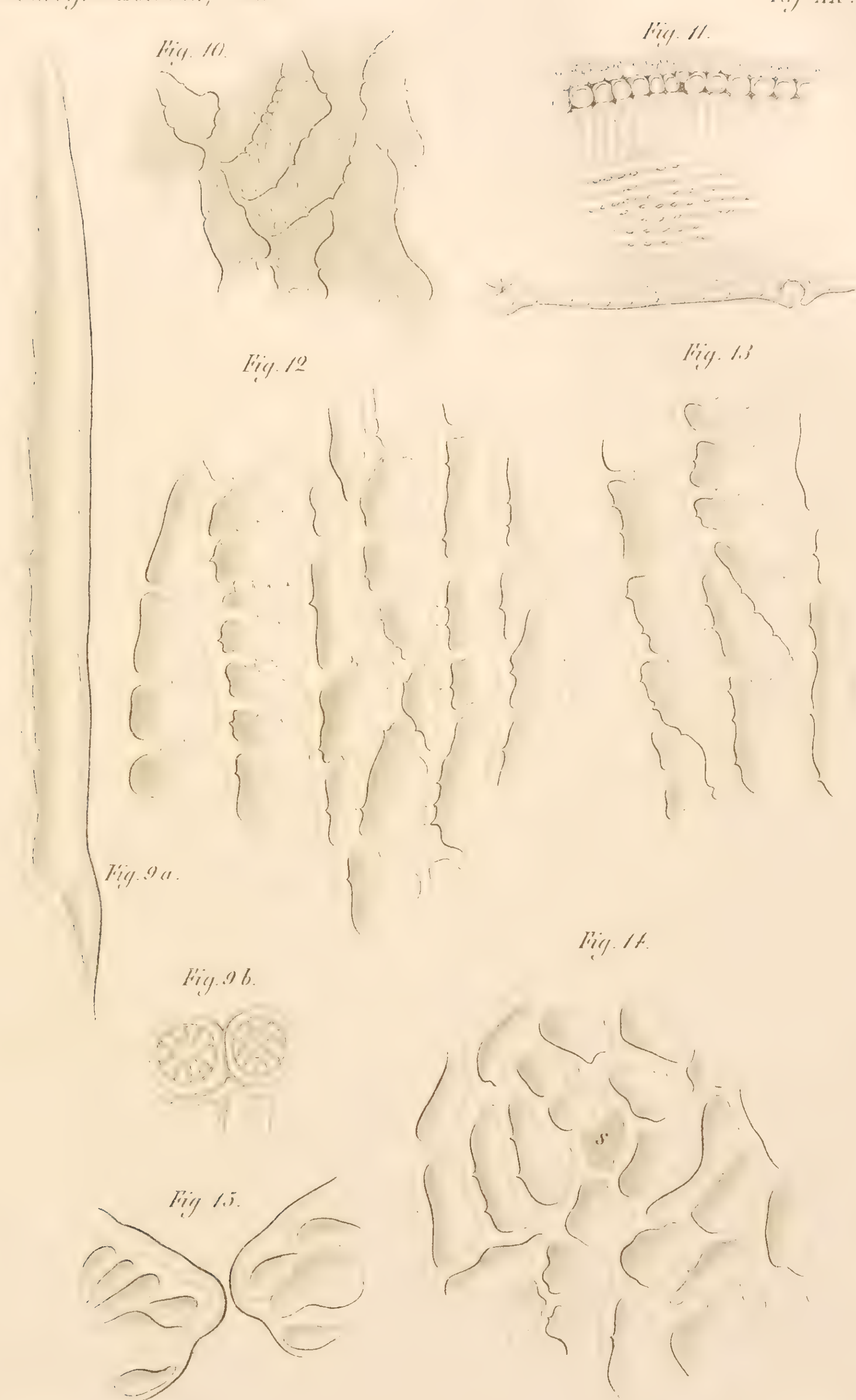
Fig. 7 b.

a.

G. Kraus ad nat del.

C. Laue lith

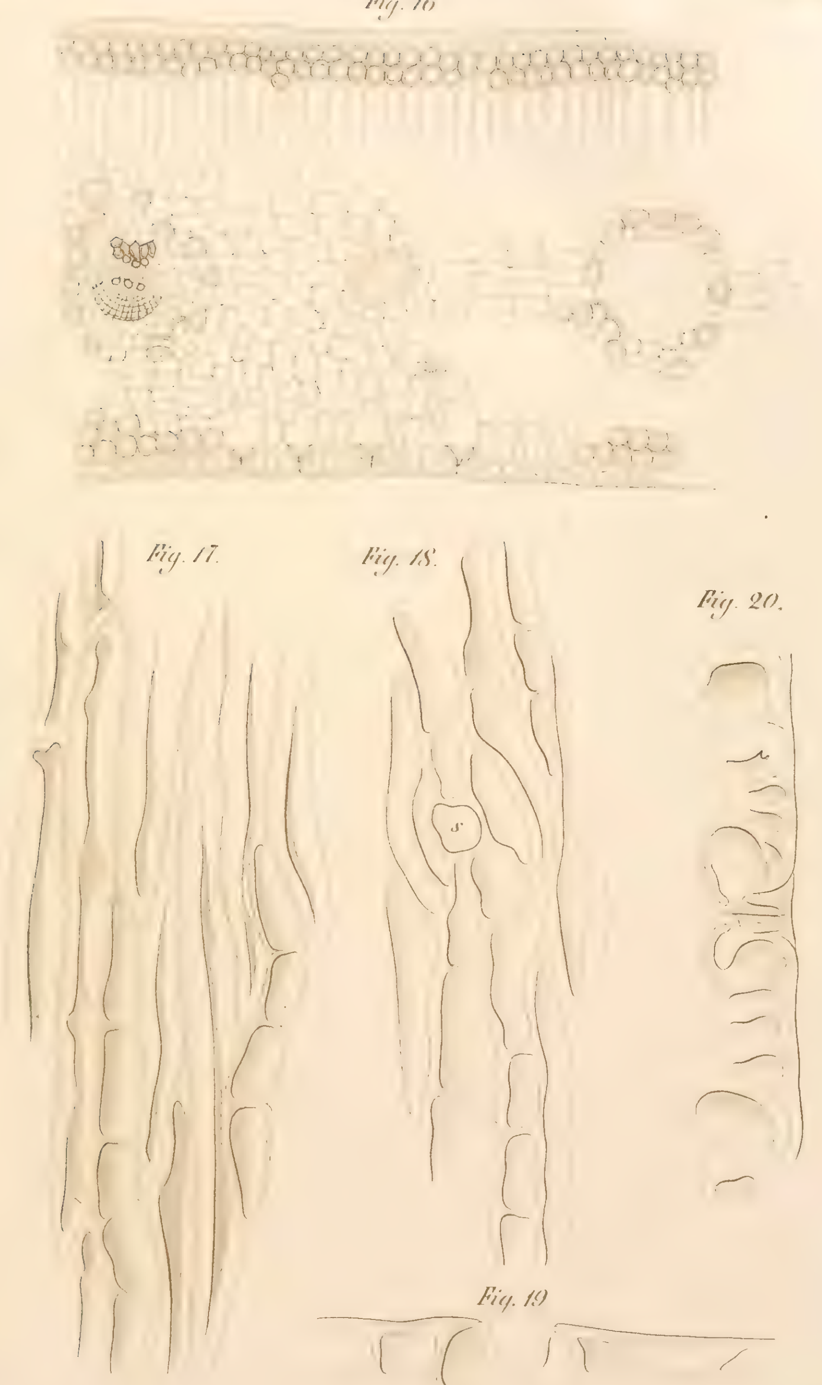




G. Kraus ad nat. del.

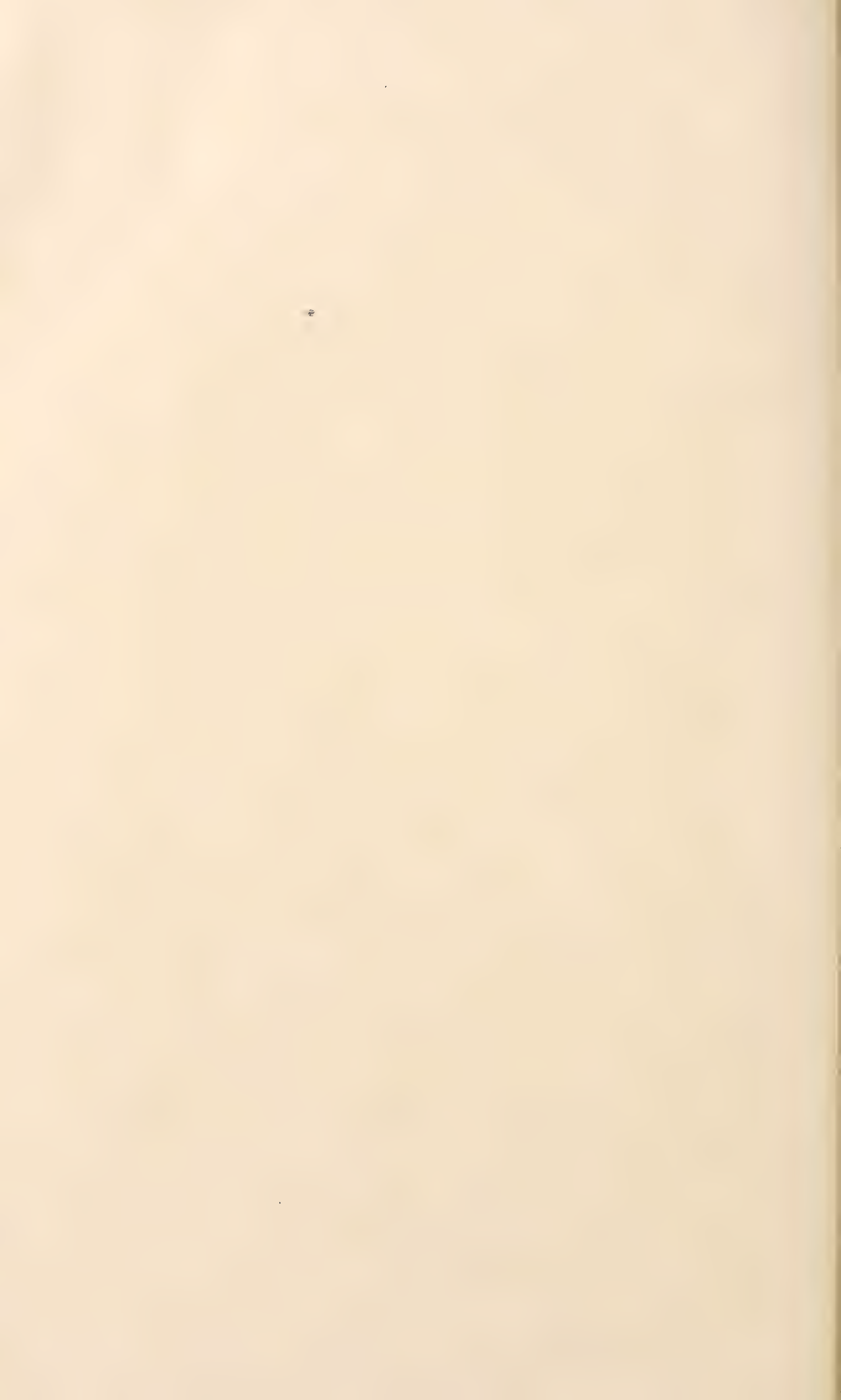
C. Laue lith.





G. Kraus ad nat. del.

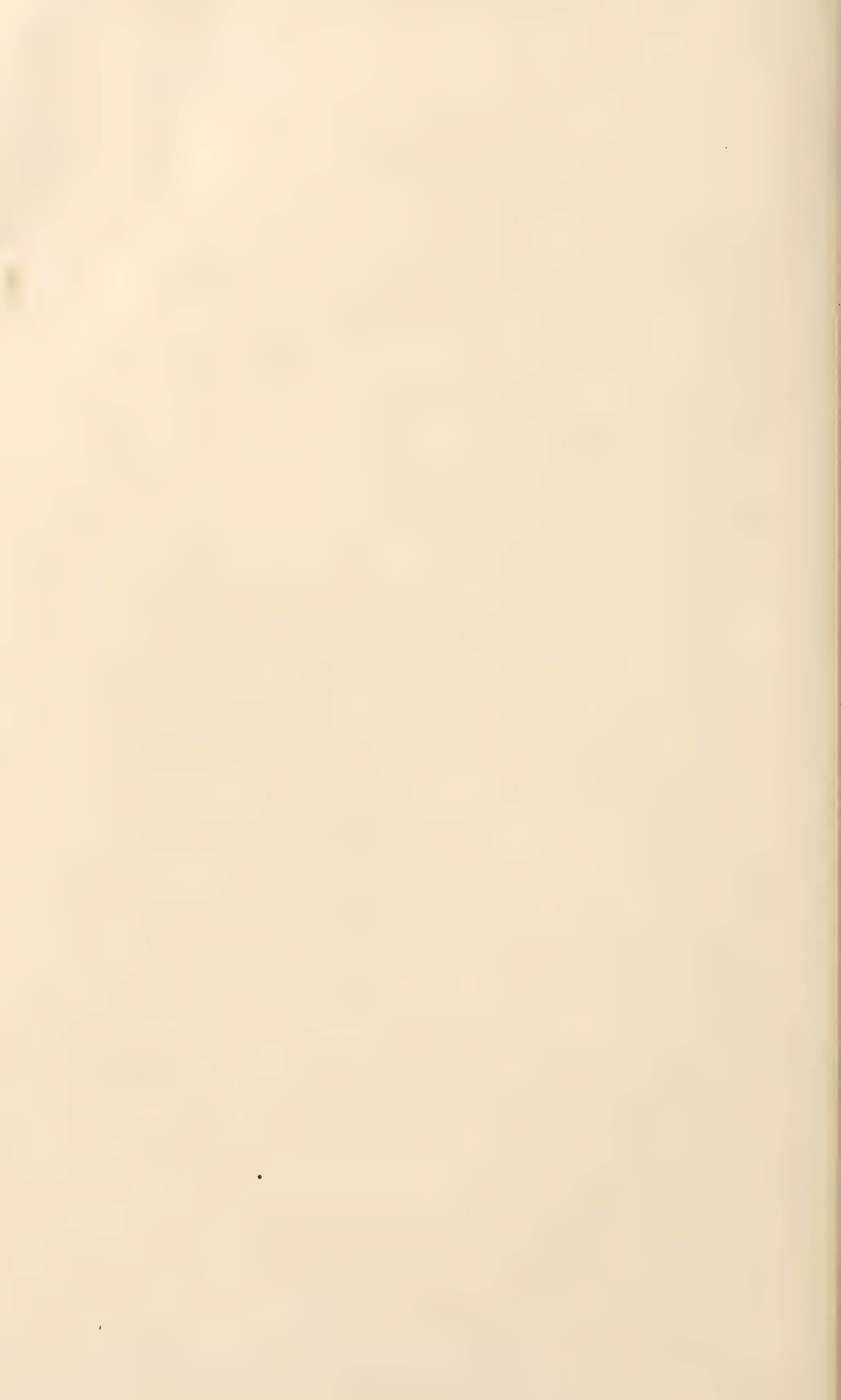
C. Laue lith.





G. Kraus ad nat. del.

C. Laue lith.



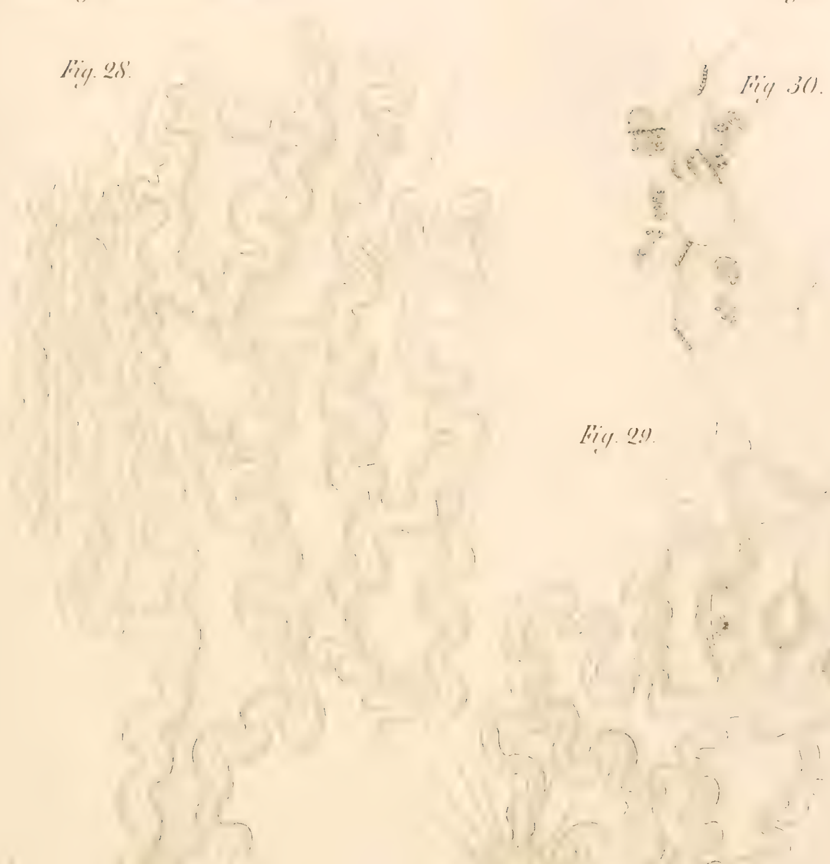


Fig. 31.

Fig. 32.

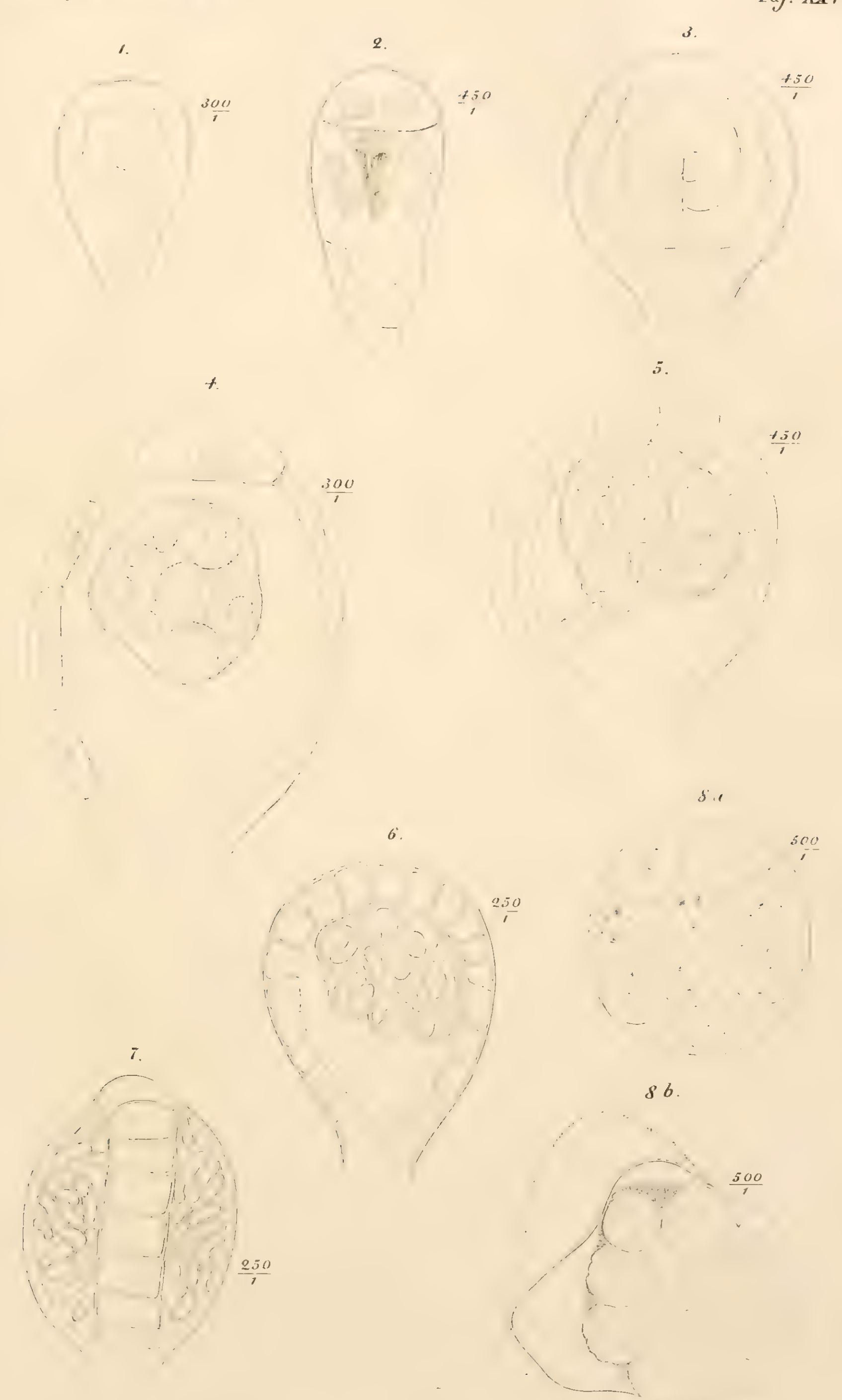
Fig. 33 a.

Fig. 33 b.

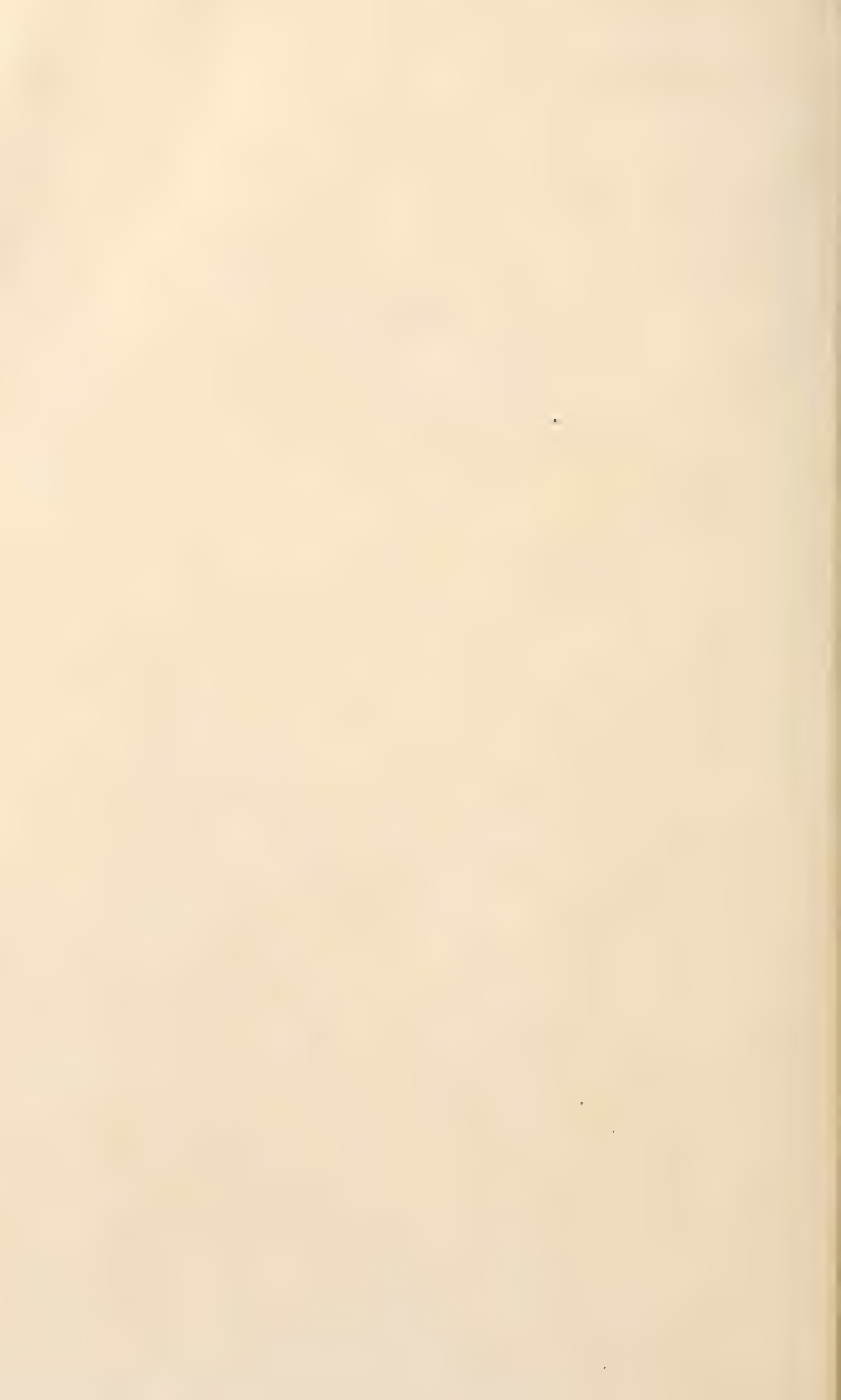
G. Kraus ad nat. del. C. Laue lith.

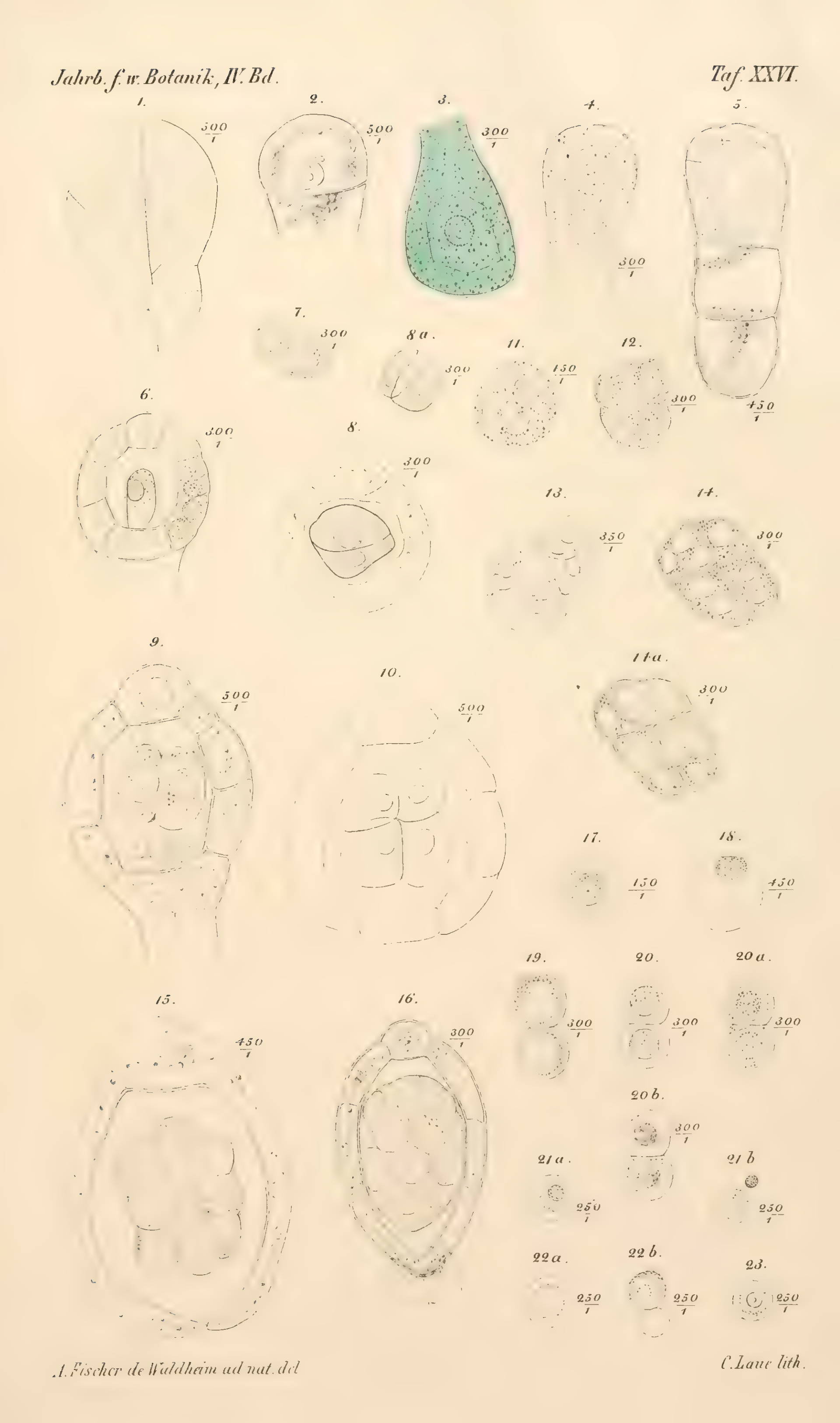



Jahrb. f. w. Botanik, IV. Bd.
Taf. XXIV.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15
16.
450/1
300/1
500/1
A. Fischer de Waldheim ad nat. del.
C. Laue lith.



A. Fischer de Waldheim ad nat. del. C. Laue lith.





A. Fischer de Waldheim ad nat. del.

C. Laue lith.





A. Fischer de Waldheim ad nat. del. C. Laue lith.



Fig. 1.

Fig. 2.

J. glaucus.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

J. filiformis.

Fig. 6 a.

Fig. 6 b.

Fig. 6 c.

J. filiformis.

Fig. 7.

J. arcticus.

Fig. 9.

J. acutus.

Fig. 10.

Fig. 8.

Fig. 8 a.

J. maritimus.

Fig. 9 a.

J. lamprocarpus.

Fig. 12 b.

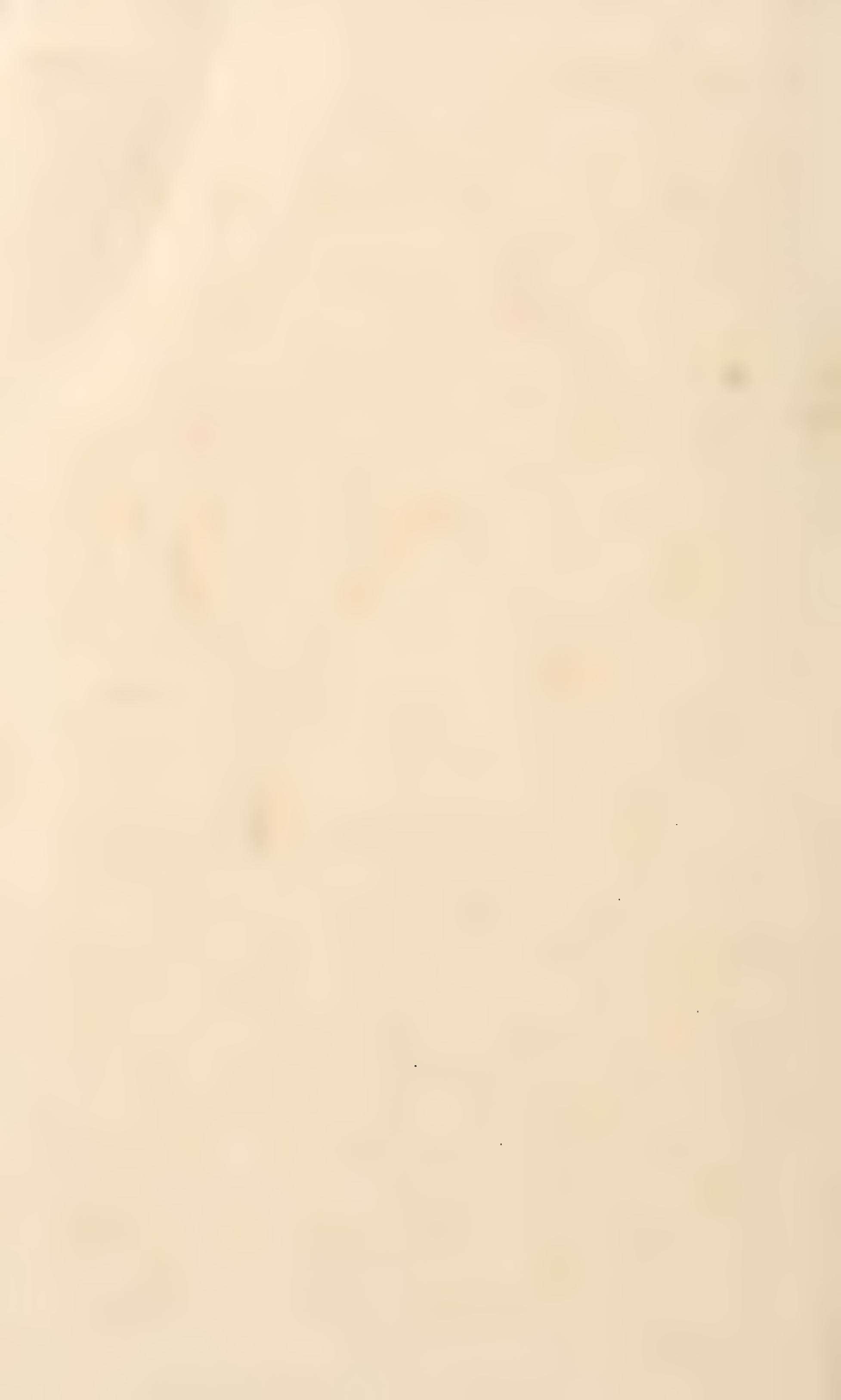
Fig. 12 a.

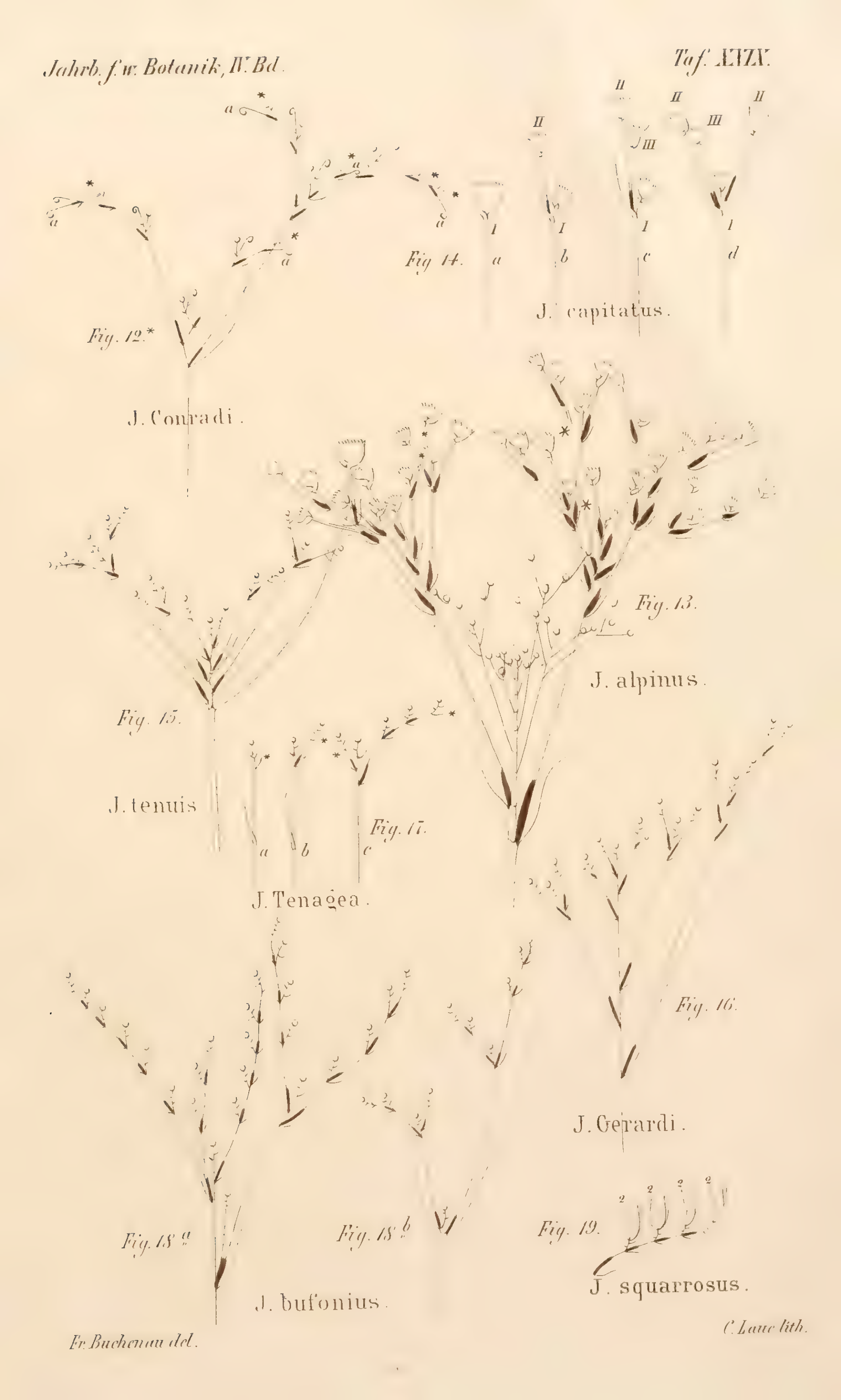
Fig. 11.

J. supinus.

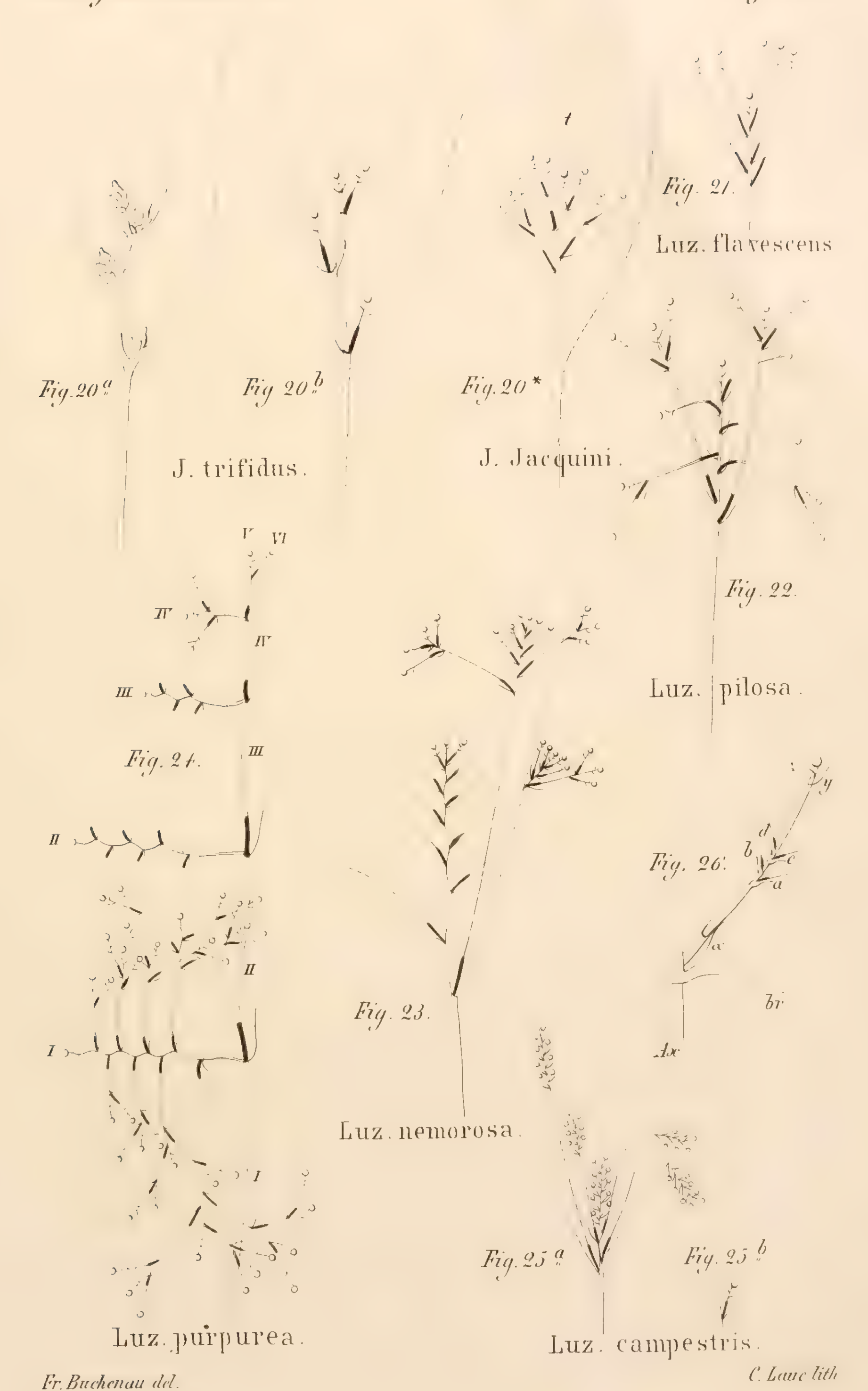
Fr. Buchenau del.

C. Laue lith.




Fig. 12.*
J. Conradi.
Fig. 14.
a
b
c
d
J. capitatus.
Fig. 13.
J. alpinus.
Fig. 15.
J. tenuis
Fig. 17.
J. Tenagea.
Fig. 16.
J. Gerardi.
Fig. 18. a
Fig. 18. b
J. bufonius.
Fig. 19.
J. squarrosus.
Fr. Buchenau del.
C. Laue lith.

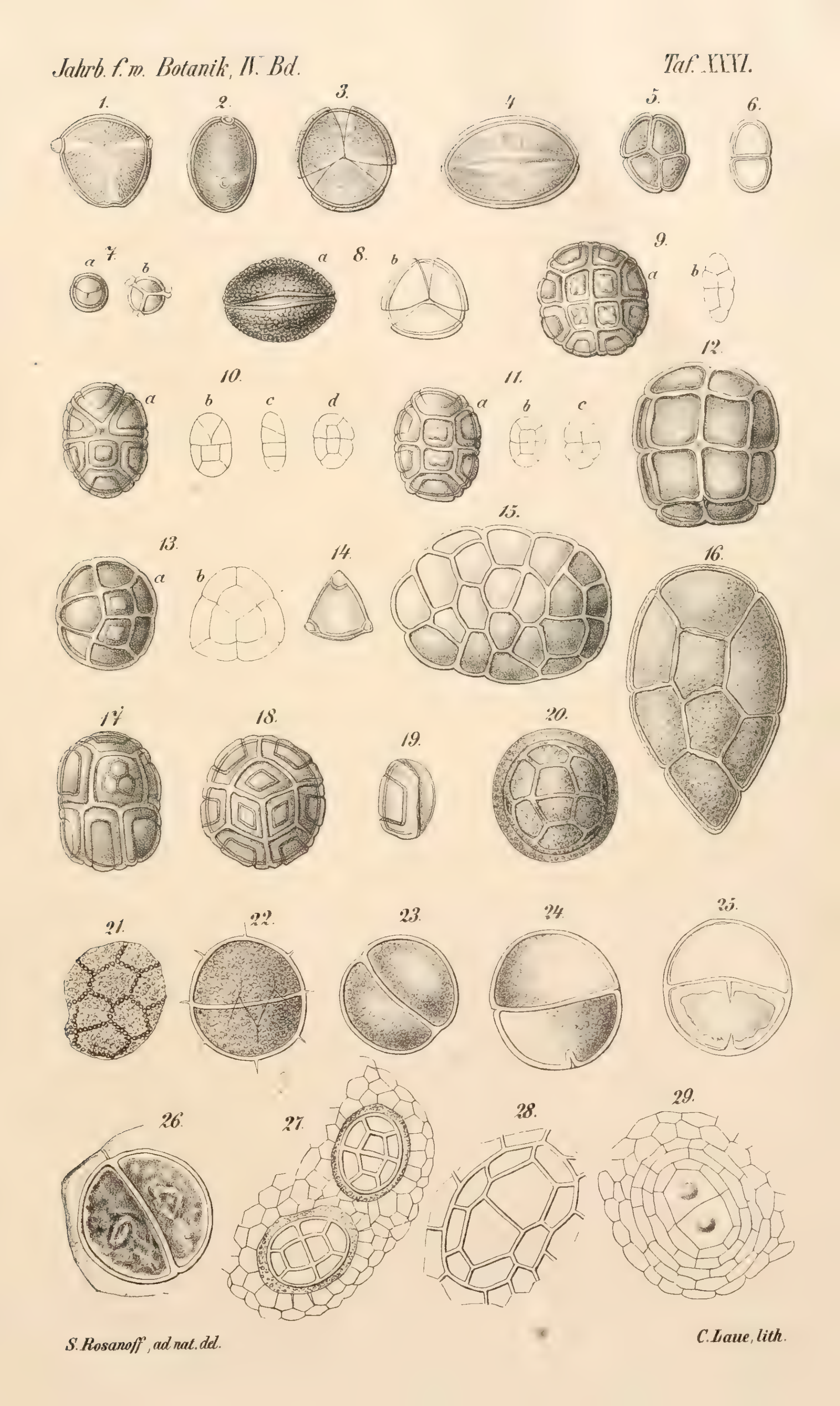




Fr. Buchenau del.

C. Laue lith.

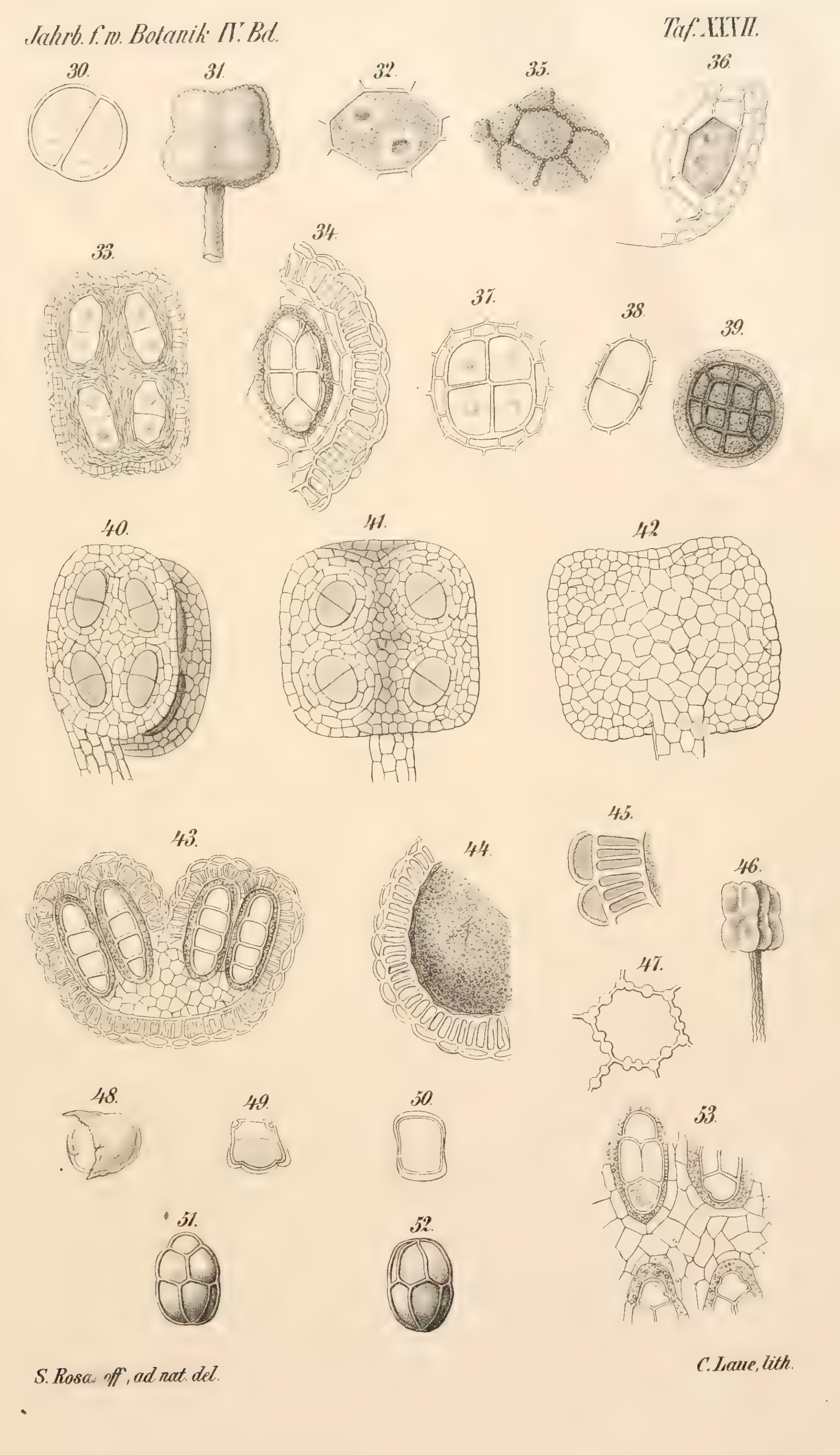




S. Rosanoff, ad nat. del.

C. Laue, lith.





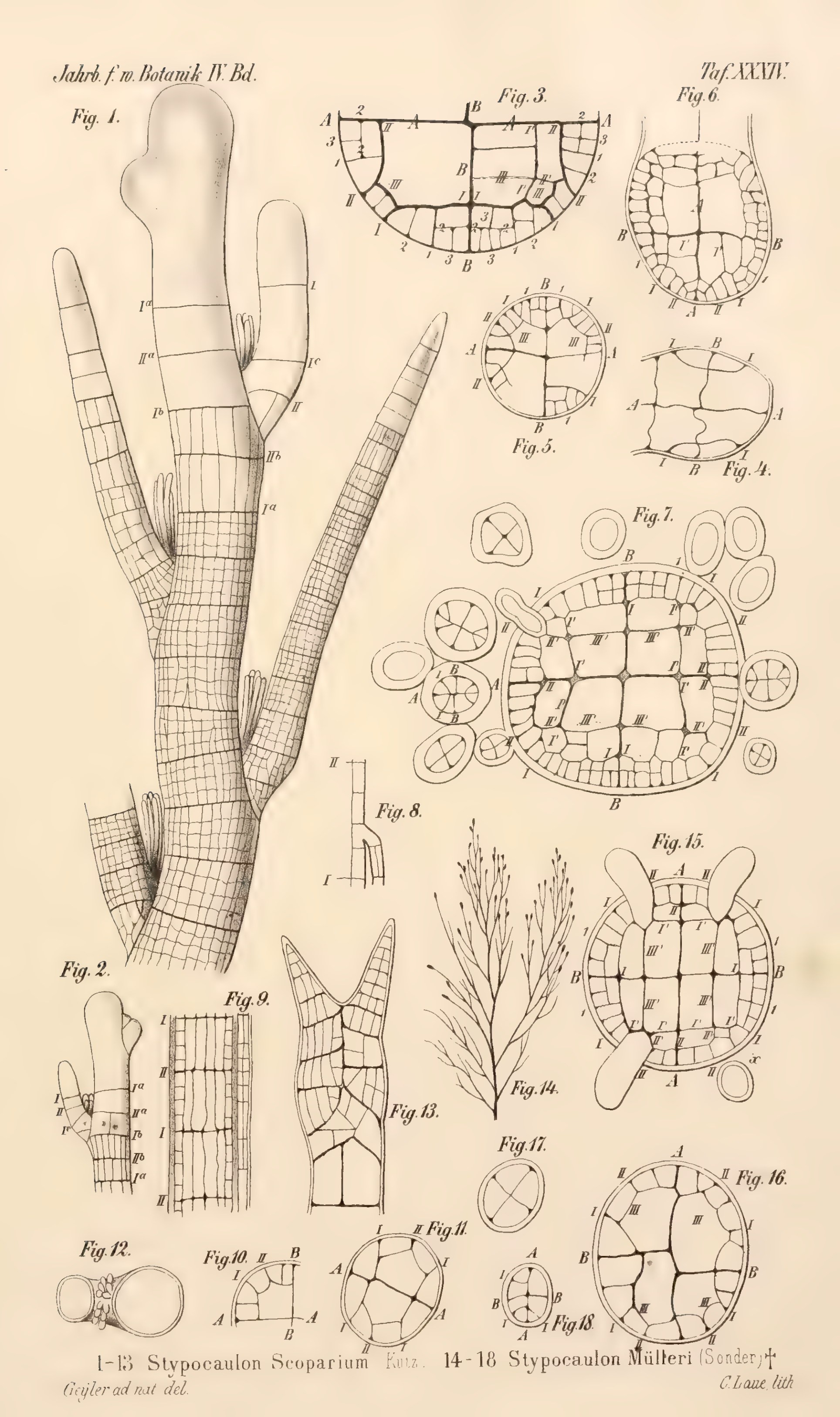
S. Rosa: off, ad nat. del. C. Laue, lith.





F. Hildebrand ad nat. del. C. Laue lith.

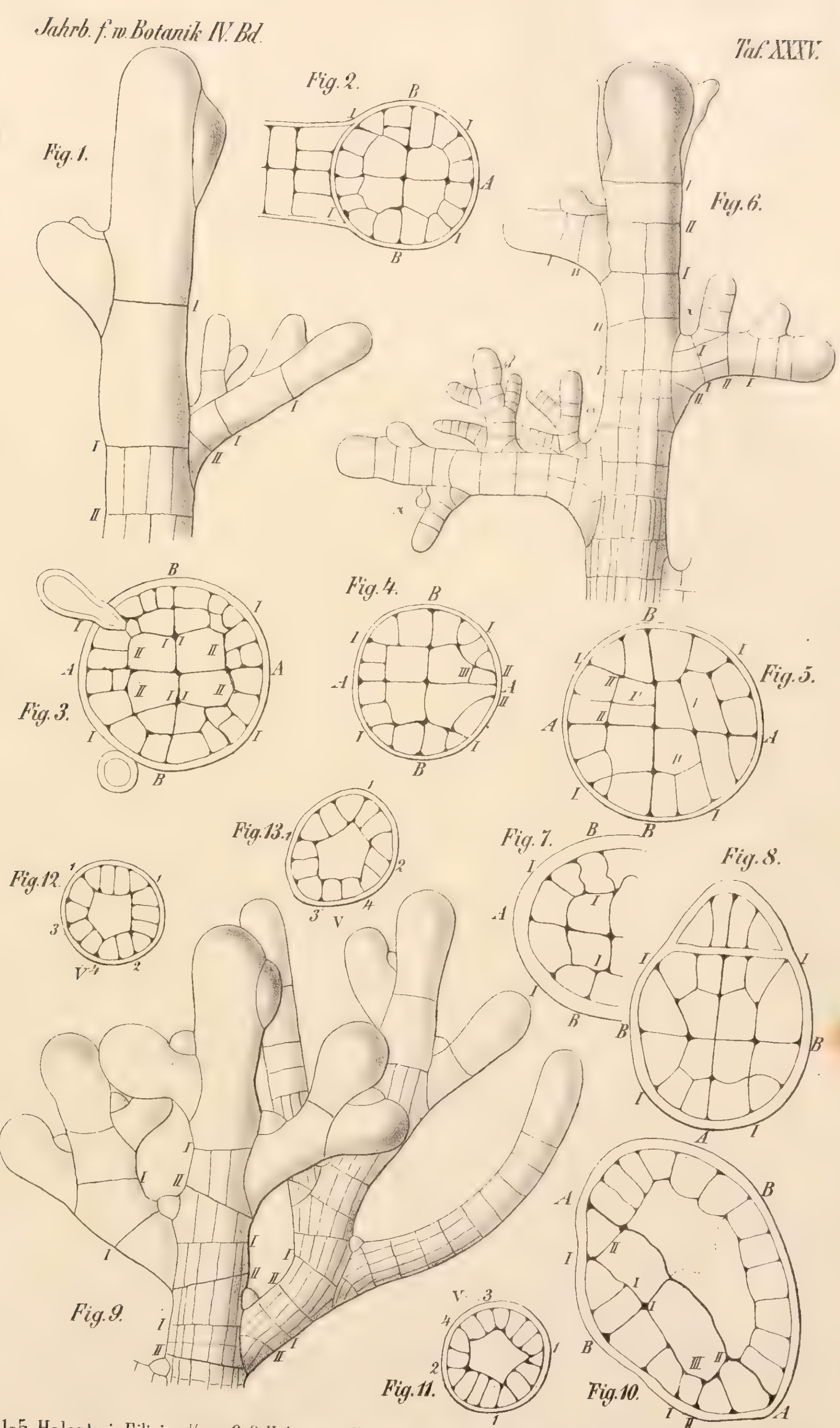




1-13 Stypocaulon Scoparium Kütz. 14-18 Stypocaulon Mülleri (Sonder) †

Geyler ad nat. del.　　　C. Laue, lith.

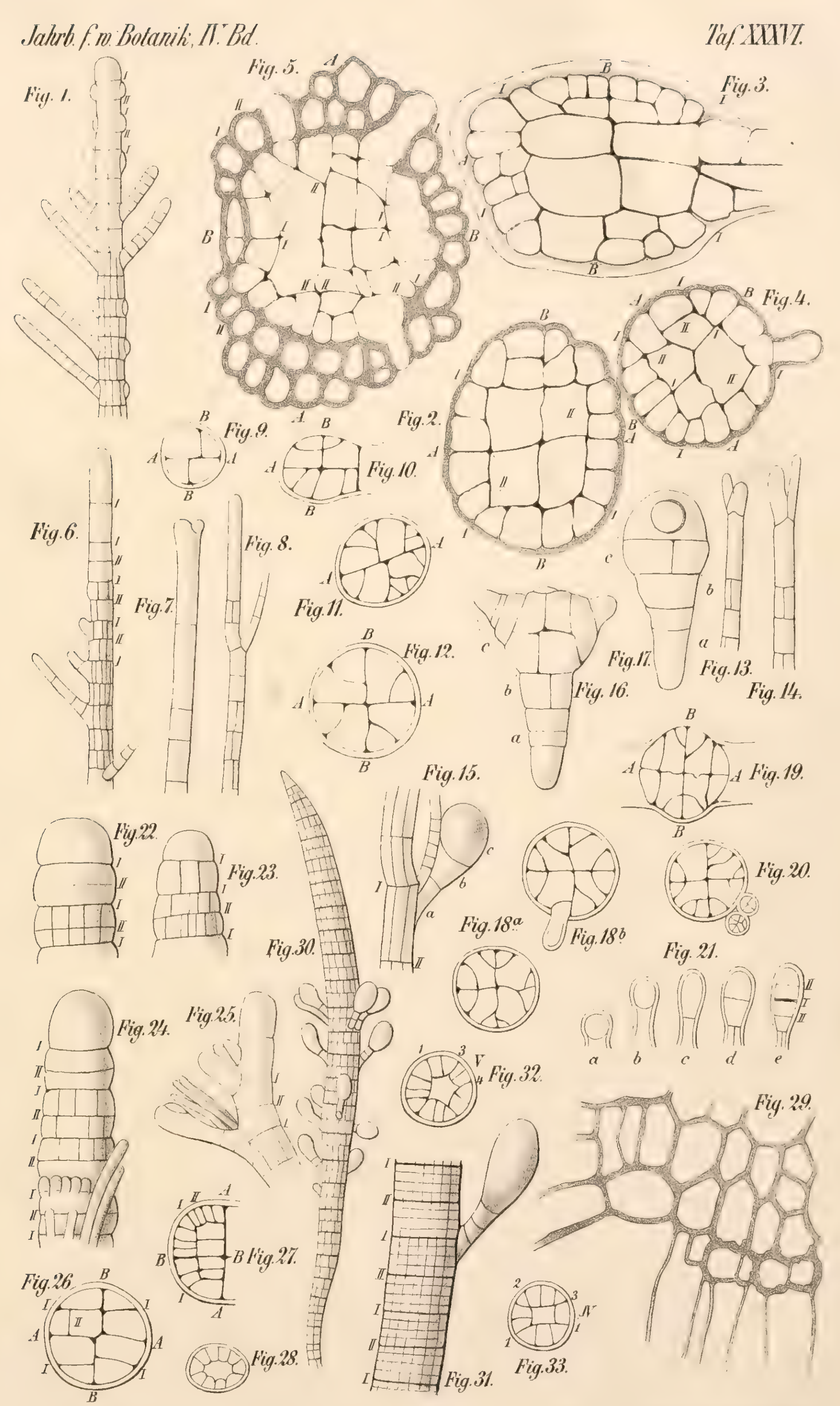




1-5 Halopteris Filicina Kutz. 6 8 Halopteris Filicina, β. Sertularia Kütz 9-13 Phloiocaulon Sqamulosum ✝

Geyler ad nat. del. C. Laue lith.





1–5 Chaetopteris Plumosa Kutz. 6–11. Sphacelaria Pennata Kütz. 12–17 Sphacelaria tribuloides Menegh. 18–21 Sphacelaria Cirrhosa Ag. 22–29 Cladostephus verticillatus Ag. 30–33 Cladostephus spongiosus Ag.

Geyler ad nat. del. C. Laue, lith.







